

المذكرات في علمي الهيئة والميقات

لطلبة

القسم العالى بالجامع الأزهر

تأليف

محمد ابو العلا البنا

من العلماء

ومدرس علم الفلك بالقسم العالى للأزهر

ابتدأ جمعها

فى يوم ٢٢ جمادى الثانية سنة ١٣٤٢ هـ الموافق ٢٨ يناير سنة ١٩٢٤ م

الجزء الأول

﴿ الطبعة الأولى ﴾



المطبعة الرحمانية بمصر

فهرس الجزء الأول من المذكرات فى علمى الهيئة والميقات

وهو على منهاج القسم العالى للازهر ماعدا المواضيع المشار أمامها بهذه العلامة *

الصحيفة	السطر	الخطأ	الصواب
٦	٩	وافف	واقف
٩	٦	أعلا	أعلى
١٠	٢٢	»	أعلى
١١	١٠	ح س م	س ح م
١١	١٢	الرأس	الرياضى فى
١١	١٥	يين	بين
١١	٢٠	ح	حَ
١١	٢٢	لسظح	لسطح
١٣	٢٠	سً	سً (نِ)
١٤	١٠	غ	ع
١٤	١١	عوديا	عموديا
١٥	١١	برمم	يرمم
١٥	١٥	المنقطه	المنطقه
١٥	١٧	ه ه	ه هَ
١٦	١٥	ذائرة	دائرة
١٧	١٧	موازية	موازيات
١٨	٦	مارة	مارات
١٩	١٢	الّدوائر	الدوائر
٢٠	٦	بعينهما	بعينها
٢٢	٣	° ه	٤/٥ سنة ١٩٢٤
٢٢	٦	العضاوه	العضاده
٢٢	٧	»	»
٢٢	١٥	° ه	٤/٥° سنة ١٩٢٤
٢٤	٢٢	موازية	موازيات
٢٧	١٧	اكتشف	اكتشفت
٢٧	١٩	لعدل	المعدل
٢٧	٢٣	»	»
٢٧	٢٢	حوا	حول
٣١	٣	الزوال	الزوالية
٣٣	١٩	٤ ٢	٢٤
٣٤	٨	تعبين	تعيين
٣٥	٧	٣٦٠°	٩٠°
٣٥	١٠	القطيِ	القطبى
٣٦	١٢	= ن س ح س	= ن س ـ ح س
٣٧	١٨	شنطورس	سنطورس
٣٧	١٨	الشهر	النهر
٣٧	٢٠	شنطورس	سنطورس
٣٨	٤	نقسيمها	تقسيمها
٣٨	١٣	شهر	شهرا
٤١	١٣	بصل	يصل
٤٣	٢	بقدار	بمقدار
٤٧	١٢	جانيه	جانبيه
٤٧	١٦	نير	نيره
٤٨	١٧	المثبة	المثبتة
٥١	٢	اليهما	اليها
٥٢	٥	الينوع	الينبوع
٥٤	٧	فيتكاتف	فيتكاثف
٦١	٩	بهط	يهبط
٦١	٩	نمسه	نفسه
٦٥	٢	جرينوتش	جرينوتش فى انجلترا
٦٥	٢	انجلتره	البحر الابيض المتوسط



لطلبة

القسم العالى بالجامع الازهر

تأليف

محمد ابو العلا البنا

المدرس لعلم الفلك بالقسم العالى للأزهر ومن علمائه

ابتدأ جمعها

فى يوم ٢٢ جمادى الثانية سنة ١٣٤٢ هـ الموافق ٢٨ يناير سنة ١٩٢٤ م

﴿ الطبعة الأولى ﴾



بسم الله الرحمن الرحيم

فسبحان الله حين تمسون وحين تصبحون . وله الحمد فى السموات والأرض وعشياً وحين تظهرون . وصلاة وسلاماً على سيدنا محمد شمس الأنبياء والأولياء . وعلى آله وصحبه بدور الاهتداء . ونجوم الاقتداء . وبعد

فهذا ما لخصته وجمعته فى علمى الهيئة والميقات . لطلبة القسم العالى بالجامع الأزهر . ملبياً دعوة مشيخة هذا القسم الجليلة . مع اعترافى بقصورى . لولا عون إجابة الداعى وشغفى بخدمة هذا العلم الذى قصرت عن تحصيله الهمم من زمن بعيد . وقلت الرغبة فى تعليمه . حتى قيض الله لاعادة مجد المعاهد الدينية وأرجاع سعدها . أولياء أمور لمحوا مقدار احتياج الأمة الاسلامية إلى هذا الفن العظيم . فأوجبوا درسه بين العلوم الأزهرية العالية . فجاء ذلك موافقا للطبيعة نفسها . لانه العلم الذى يعد من الدرجة الأولى فى مبادئ ومقدمات العلوم الفلسفية الدينية . . .

وسميته « المذكرات فى علمى الهيئة والميقات » وقد وشحت صحائفه بشرح رسومه وأشكاله . لزيادة إيضاحه ودفع إشكاله . تتميما لفائدته وتعميما لمنفعته . . .

ابتـدأت هذا الملخص وفق المنهاج المقرر . بالجامع الأزهر . فى وقت كان طالعه سعد البـلاد . يوم أن تألفت الوزارة السعدية . وهو يوم الاثنين ٢٢ جمادى الثانية سنة ١٣٤٢ هجرية الموافق ٢٨ يناير سـنة ١٩٢٤ ميلادية . . .

وهى أول وزارة دستورية نيابية . فى عهد من نشر الخير والأحسان ومنع الفساد . وبسط الأمن والأمان للعباد . جلالة مولانا الملك فؤاد أيده الله وحفظ ولى عهـده . الأمير فاروق . مع جميع الآل . وسائر الأنجال . وخلد الله شموس مملـكته نائية عن الزوال . وأقمار دولته ثابتة على الكمال . آمين آمين آمين

كما أسأله تعالى أن يكون بحسن الختام كفيل . وهو حسبى ونعم الوكيل . . .



مقدمة

تعريف علم الهيئة

علم الهيئة — هو العلم الذى يبحث فيه عن. الأجرام العلوية. والكواكب السماوية . من حيث . أشكالها . ومقاديرها . وأبعادها . وحركاتها .وما يتعلق بذلك.

الباب الأول

« فى السماء »

الفصل الأول

الكرة السماوية — الحركة اليومية — محور العالم — القطبان السماويان — سمتا الرأس والقدم

الكرة السماوية — هى الكرة التى نتصورها محيطة بجميع العوالم[1]

(١) سيتضح أن بعد قطر الارض بل قطر مدارها السنوى كنقطة بالنسبة الى ابعاد الاقطار السماوية. ومن ثمت يمكن أن يقال ان نصف قطر الكرة السماوية كبير جداً لا يتناهى . وأن مركز الكرة السماوية منطبق على مركز الارض. حتى أن الخطوط المتوازية الممتدة من مركز الكرة السماوية ومركز الارض وعين الراصد. تلاقى الكرة السماوية في نقطة واحدة. وان كان هذا لا يقال بالنسبة للشمس والقمر ولكل سيار. لصغر بعدها عنا

ويحسب الناظر اليها أنها قبة زرقاء[١] وأن الكواكب نقط بيضاء . قد رصعت على سطحها[٢] ودارت معها من الشرق إلى الغرب

(١) منشأ هذا اللون الأزرق انما هو انعكاس الضوء الشمسي فى الهواء الجوى . وضوء الشمس هو الذى يجعل هذا اللون صافيا رائقا مدة النهار . فبعد غياب الشفق وحلول الليل تصير هذه الزرقة شديدة العتمة . ومما يقوى هذا أن ذلك اللون الازرق يشتد حلاكة اذا ارتقى الانسان جبلا عاليا أو ارتفع بطيارة حتى لو أمكن أن يرقى الى نهاية الطبقة الجوية . هناك لا يرى كفه من شدة الظلام بل السواد الحالك

ومن ظواهر هذه القبة وضوح انخفاضها من الاعلى وسبب ذلك كثافة طبقات الجو عند الأفق أكثر منها عند السمت فيقل تشربها للضوء فى سمكها القليل فى السمت وحينئذ يرى جزء السماء عنده نيراً أكثر منه عند الافق ودائما يرى النير أقرب من المعتم وسيأتى تفصيل ذلك فى شرح الجو

(٢) فاذا فرض فى شكل (١) انك فى نقطة م وكانت فضاء متسعاً أو محلا مرتفعا وليس هناك ما يمنع النظر من الامتداد بحيث تكشف جميع ما هو محيط بك . يتراءى لك .

(أولا) أن الارض مبسوطة تحت قدميك وممتدة الى أن تتلاقى بالسماء من كل جهة . ومحدودة لغاية امتداد النظر بدائرة ش ب غ ح التى هى خط

(شكل ١)

تلاقى السماء بالارض وهى متساوية الابعاد بالنسبة اليك فانت فى مركزها وتسمى (دائرة الافق الظاهرى)

(ثانيا) يظهر لك أن السماء مثل قبة ش س غ منخفضة من الاعلى ومرتكزة من جميع الجهات على سطح الارض وخط تلاقيهما هو دائرة الافق ش ب غ ح وسطح تلك الدائرة هو مستوى الافق الظاهرى . وتلك الحالة تشاهد واضحة اذا كان الواحد موجودا على سطح البحر حيث لا يوجد ما يمنع نظره من الامتداد

الحركة اليومية — هى دوران الكرة السماوية والكواكب العلوية حول الارض من الشرق الى الغرب مرة فى اليوم والليلة تقريباً

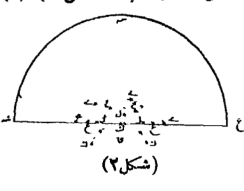
تنبيه : هذه الحركة ظاهرية ومنشؤها دوران الارض حول نفسها أمام الكواكب من الغرب الى الشرق فى تلك المدة وسيأتى بيانه

ظواهر هذه الحركة — النـاظر الى نصف السماء الشمالى وهو فى أفق القاهرة مثلا يتراءى له

أولا — أن بعض الكواكب لايشرق ولا يغرب بل يكون أبدى الظهور فيرسم مداره فوق الأفق حول نقطة فى الشمال[1] ترى

(١) ففى شكل (١) مثلا . انت واقف فى م الذى هو أفق القاهرة متجها نحو الشمال (البحرى) ب ويمينك نحو الشرق ش ويسارك نحو الغرب غ وخلفك الجنوب (القبلى) حـ فاذا تأملت النجوم حينئذ تجد أن بعضها ى ى َ ى ً يحف الافق من غير أن يختفى تحته ويرسم حول نقطة ن الثابتة دائرة تامة وبعضها هـ هـَ هـً يقرب من الافق من غير أن يصل اليه ويرسم دائرة تامة أيضا موازية للأولى غير أنها أصغر منها وبعض النجوم مثل ح يرسم دائرة صغيرة جداً بحيث تظهر أنها ثابتة . وجميع هذه النجوم تبقى ظاهرة دائما ولذلك تسمى أبدية الظهور

فاذا اتجهت نحو الجنوب حـ وجدت بعض الكواكب ك شكل(٢)و(٣) يحف الافق ثم يختفى تحته وبعضها مثل ل يظهر فوقه زمنـا قليـلا ثم يغيب ومثل ع بعكث أزيد . وأكثر منه ى ومن ثم يقال إن النجم تطول مدة ظهوره بمقدار قربه من الشمال و تقصر بمقدار قربه من الجنوب



(شكل٢)

فاذا أمعنت النظر الى الافق نحو الشرق تجد أن النجوم تشرق من جميع نقطه بمعنى أن النقط التى لاتمر منها نجوم فى لحظة تمر منهـا نجوم أخرى فى

كأنها ثابتة لا تتحرك[١]

ثانياً — أن بعضها يشرق ويغرب بمعنى أنه يظهر من جهة الشرق ثم يرتفع شيئاً فشيئاً الى كبد السماء ثم ينخفض كذلك الى أن يختفى فى الغرب

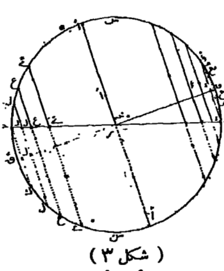
ثالثا — خطوط سير النجوم كلها على الكرة السماوية عبارة عن أقواس دوائر متوازية غير متساوية

رابعا — هذه المدارات المتوازية ذات قطب ظاهر هو نقطة غير متغيرة فى السماء شمالا

خامسا — النجوم على اختلاف ابعادها من هذه النقطة القطبية تقطع مداراتها الغير متساوية فى مدة واحدة كأنها متأثرة بقوة واحدة

اللحظة التى تليها . وترى أيضا. أن الاشكال المكونة من بعض هذه النجوم وبعض النجوم الأبدية الظهور وابعادها. لا تتغير مدة ظهورها وكذا مع تتابع الأيام. ومن هنا. يعلم أن جميع النجوم تتم مداراتها بمرورها تحت الارض بدون مانع

ويشاهد أن النجوم التى تشرق يوما فى آن واحد من نقط . لا تزال تشرق سوية فى كل آن من هذه النقط بعينها مع حفظ أشكالها وابعادها كأنها متأثرة بقوى متوازية . وكل منها منوط بسرعة مناسبة لمداره بحيث تقطع مداراتها الغير متساوية ءءً ح حً ع عً فى زمن واحد هو يوم تقريبا



(شكل ٣)

(١) عدم حركة هذه النقطة الشمالية ظاهرى وسيأتى أنها تنتقل بتغير اتجاه محور العالم ببطء عظيم فى الازمنة المتوالية

سادسا — النجوم ترسم مداراتها حول خط ممتد من هذه النقطة القطبية الشمالية. يميل على أفق القاهرة. ويمر بمراكزهذه المدارات ومركز الكرة السماوية. حتى يلاقى السماء فى نقطة مقابلة للنقطة الشمالية جنوبا

سابعا — هذه المدارات مع توازيها وعدم تساويها يقطعها الأفق الى أقسام غير متساوية غالبا ولا متناسبة

ثامنا — النجوم تقطع مداراتها الغير متساوية فى مدة واحدة بسرع غير متساوية

محور العالم — ينتج مما تقدم أنه الخط المار بمركز الكرة السماوية ومراكز المدارات النجمية. الملاقى للسماء فى نقطتين متقابلتين شمالا وجنوبا. وينتظم حوله حركة النجوم اليومية(١)

---

(١) كما يظهر لك وأنت تنظر الى السماء أن بعض النجوم أبدى الظهور وبعضها يشرق ويغرب ويسبح على كرة السماء الزرقاء. كذلك. لعدم المميزات. يظهر لك أن النجوم جميعها ثابتة فوق كرة السماء وهى التى تتحرك حول خط ں ںَ شكل (٣) وهو مائل على مستوى الافق ب ح ويمر بمركز هذه الكرة التى ظهر أن النجوم مثبتة عليها ويلاقى سطحها فى نقطتين متقابلتين احداهما ں شكل (١) و(٣) ترى فى بلادنا فوق الافق فى جهة الشمال قريبة من النجوم التى تشاهد كانها معدومة الحركة وتسمى بالقطب الشمالى

والثانية ںَ شكل (٢و٣) توجد فى جهة الجنوب غير أنها لا تنظر بسبب اختفائها تحت الافق وتسمى القطب الجنوبى

توضيح آخر — لو تصورنا أن شكل (٣) كرة من الخشب مثلا وأديرت كما يدار الخذروف (النحلة التى يلعب بها الصبيان) من الشرق الى الغرب على سنها. وليكن القطب الجنوبى. لوجدنا أن الكواكب تدور فى مدارات متوازية غير متساوية حول خط مار فى مراكزها من القطب الشمالى الى القطب

القطبان السماويان — هما محلا تلاقى محور العالم بالكرة السماوية شمالا ويسمى (القطب الشمالى) وجنوبا ويسمى (القطب الجنوبى)

سمت الرأس — سمت القدم — الرأسى

رأسى أى مكان — هو الخط الذى يأخذ اتجاه خيط الرصاص (ميزان البنا) فى ذلك المكان ويمر بمركز الأرض ، ويلاقى السماء فى نقطتين متقابلتين . احداهما أعلا وتسمى (سمت الرأس أو السمت) والثانية أسفل وتسمى (سمت القدم أو النظير)[1]

الفصل الثانى

الآفاق — الدوائر — الاعتدالان — المنقلبان

(الآفاق)

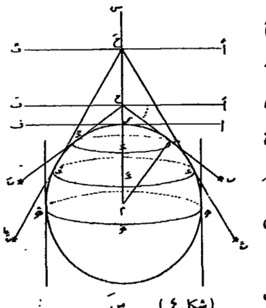
الأفق — الأفق الظاهرى — الأفق الحقيقى — الأفق الحسى الأفق الرياضى — تغير الأفق والسمت — تغير الآفاق بغير منظر السماء انتقال الأفق بحركة الأرض اليوميه يسبب ظواهر حركة النجوم

الجنوبى كما يشاهد لنا فى السطح الظاهرى للخذروف . فأنا نجد أن النقطة القريبة من رأسه أو سنه ترسم دوائر صغيرة وتكبر هذه الدوائر كلما قربت من وسطه وتجد أن نقطة رأسه كالثابتة وكذلك تكون نقطة سنه ويمكن حينئذ تصور ان الخط الواصل بين سنه ورأسه المار من مراكز هذه الدوائر عديم الحركة ويمثل محور العالم

(١) ففى شكل (٤) وأنت فى أفق ر يكون الرأسى لك الخط س سَ وسمت الرأس س وسمت القدم سَ وترى الرأسى مارا بموضعك من سطح الارض ر وبمركز الارض م

الأفق — هو الدائرة التى يمر الرأسى من مركزها عموديا عليها. فاذا حددت نظر الراصد كانت (الأفق الظاهرى). واذا مر مستويها بمركز الأرض كانت (الافق الحقيقى) واذا مس مستويها سطح الأرض فى موضع الراصد كانت (الأفق الحسى) واذا مر بعين الراصد كانت (الأفق الرياضى) (١)

تغير الأفق والسمت — تغير موضع الراصد بارتفاعه وانخفاضه لايغير الرأسى ولا الأفق الحسى ولا الحقيقى وانما يغير كلا من الأفق الظاهرى والرياضى فقط فيرتفع الرياضى وينخفض الظاهرى بارتفاع



(شكل ٤)

(١) لو كان موضعك من سطح الارض هو م فى شكل (٤) وبصرك فى ح مثلا يكون الأفق الظاهرى فى سطح الارض حـ حـَ حـً وهى دائرة تماس مخروط الشعاع النظرى ح ب بَ لسطح الارض وفى السماء دائرة تلاقى هذا المخروط للسماء عند ب بَ

وما يتراءى لنا من انطباق نقطة ب من السماء على حـ من الارض ونقطة بَ على حـَ فهى حالة ظاهرية ناشئة من عدم ادراك الفراغ الذى بين الارض والسماء. والافق الظاهرى هو الذى يفصل بين ما يرى وما لا يرى من السماء وينسب اليه الطلوع والغروب عند الشرعيين أما الافق الحقيقى فهو هـ هـَ هـً فى سطح الارض فلو امتدت هذه الدوائر واتسعت الى السماء كانت هى دائرة الافق الحقيقى فى السماء وهي دائرة عظيمة تقسم الكرة السماوية والارض الى نصفين متساوين أعلا وأسفل

وأما الافق الحسى — فهو الدائرة التى مستويها اف والرياض هو الدائرة التى مستويها اَ فَ

الراصد وبالعكس اذا انخفض (١)

وأما انتقال الراصد من مكان الى آخر من سطح الأرض فانه يغير جميع الآفاق وسيأتى بيانه فى تغير منظر السماء هذا

ويمكن أن يقال بانطباق جميع الآفاق بالنسبة الى الكواكب العلوية والثوابت فالبعد بين الحسى والحقيق مثلا . الذى هو نصف قطر الأرض . غير محسوس بالنسبة الى الكواكب العلوية والثوابت . وغير

---

(١) اذا وجد بصر الراصد فى ~ من سطح الارض شكل (٤) يمكن أن يقال بانطباق الآفاق — الظاهرى —والحسى — والرياضى — في المستوى اف وحينئذ تكون جميع الاشعة النظريه موجودة فى مستوى اف مماس لسطح الكرة فى نقطة ~ وعمود على الخط الرأسى ح س م . فقد قال الفلكى المصرى العظيم اسماعيل باشا (فى هذه الحالة يتحد مستوى الافق الظاهرى مع المستوى الراسى ا ف ويسمى بمستوي الافق الحقيقى واذا مد هذا المستوى يقطع الكرة السماوية فى دائرة عظيمة تسمى دائرة الافق الحقيقى) وما أدرى كيف سماها حينئذ افقا حقيقيا اللهم الا لقطع النظر عن البعدين الحسى والحقيقى (نصف قطر الأرض) بالنسبة الى أبعاد الكرة السماوية الغير محدودة

فاذا ارتفع الراصد حتى كان بصره فى نقطة ح اتصل الأفق الظاهرى وكان فى سطح الأرض ح حَ حً وفى السماء محل تلاقى الشعاع النظرى ح ب بَ بالسماء عند ب ، بَ وصار الافق الرياضى اَ فَ والحسي اف —وكذلك الحال اذا ارتفع الى نقطة ح حيث يصير الرياضى له اًفً والظاهرى فى الأرض ى ىَ ىً وفى السماء دائرة تلاقى المخروط النظرى بها عند بُ ب وهكذا الى أن يرتفع فى بعد لانهاية له فان المخروط النظرى يستحيل الى اسطوانة مماسة لسطح الأرض فى دائرة عظيمة هى الافق الحقيقى هـ هَ هً وحينئذ لا تحجب الارض عنه من السماء الا قرصاً صغيراً .

معتد به فى الشمس . ويعتد به فى القمر لقربه اه جرجانى

« تنبيه » وقع فى كلام المتأخرين اطلاق الأفق الحقيقى على الرياضى والرياضى على الحسى واطلاق الآفاق على المستويات لا على الدوائر

تغير الافق بتغير منظر السماء — اذا ارتفع الراصد من مكانه من سطح الأرض ينخفض حينئذ الأفق الظاهرى ويصير المنظور له من السماء أوسع ومن النجوم أكثر ولذا يرى الكواكب بعد غروبها وقبل شروقها [1]

وأيضا اذا مر الراصد من أفق إلى آخر بأن يسير من القاهرة مثلا متجها نحو الجنوب فانه ينتقل سمته معه ويختفى هو تحت الأفق الأول . ويكتشف فى جهة الجنوب . نجوما من المنطقة التى لم تكن مرئية له من قبل وفى جهة الشمال يرى بعض النجوم التى كانت أبدية الظهور فى الأفق الأول . تشرق وتغرب . وكذا تتسع منطقة النجوم الشارقة والغاربة [2]

---

(١) ففى شكل (٤) ترى الراصد لما ارتفع من ح الى حَ تلاقى المخروط النظرى بالسماء فى بً ب بعد أن كان متلاقيا معها فى ب بَ . فصار نصف القوس المنظور له من السماء بً س بعد أن كان ب س وزاد عدد الكواكب المرئية له بمقدار القوس ب بً

(٢) لو كنت واقفاً فى ر شكل (٥) وسمت الرأس لك س والافق ب حـ ترى الكواكب

(شكل ٥)

واذا توجه الراصد سائراً نحو . الشمال . حصل العكس واتسعت منطقة النجوم الأبدية الظهور . واختفى عنه بعض النجوم التى كانت ظاهرة له فى أفق الجنوب . أو تظهر على قوس صغير ثم تختفى بسرعة[١]

انتقال الافق بحركة الارض اليومية بسبب حركة النجوم الظاهرية —

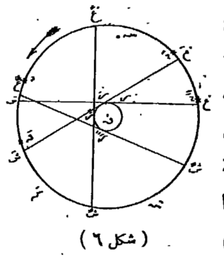
فاذا تصورنا أن الارض تسير بهذا الراصد بسبب حركتها اليومية من الغرب الى الشرق وأن الأفق ينتقل ويدور معه طوعا لهذه الحركة . وان الكرة السماوية والاجرام العلوية . ثابتة لاتتحرك . وما يرى من دورانها من الشرق الى الغرب فظاهرى كما أثبته العلم الجديد وسيأتى بيانه . فحينئذ يسهل علينا . تصور أن ظهور الكواكب وخفاءها

ح حَ ، هـ هـَ ، ء ءَ فى الشمال أبدية الظهور . وفى الجنوب تكون الكواكب ع عَ ، ل لَ ، ك كَ أبدية الخفاء وترى كواكب المنطقة التى بين هاتين المنطقين كلها تشرق وتغرب ؟

فاذا سرت نحو الجنوب الى الموضع مَ يتغير السمت الى سَ والأفق الى بَ حَ وحينئذ تصير أنت تحت الافق الأول ب ح ويتغير منظر السماء حيث يصير المرئى لك من السماء هو القوس بَ سَ حَ وتتسع منطقة الكواكب التى تشرق وتغرب . ففى الشمال ترى الكواكب ح حَ ، هـ هـَ ، ء ءَ بعد أن كانت أبدية الظهور فى الأفق ب ح صارت تختفى فى الأفق بَ حَ . فتغرب وتشرق . وفى الجنوب ترى الكواكب ع عَ ، ل لَ ، ك كَ تظهر فوق هذا الأفق فتشرق وتغرب . بعد أن كانت أبدية الخفاء

(١) فاذا سرت نحو الشمال الى الموضع مً تغير السمت الى سً والأفق الى بً حً ويصير المنظور من السماء القوس بً سً حً وتتسع منطقة الكواكب الأبدية الظهور ويختفى كثير من الكواكب التى كانت تشرق وتغرب جهة الجنوب . ويرسم بعضها فوق الافق قوساً صغيراً

فى أفق أى شخص انما هو بسبب انتقال الافق ودورانه من الغرب الى الشرق بسبب الحركة الأرضية اليومية . فيرى أن النجوم كأنها هى التى تدور من الشرق الى الغرب ولذلك كانت النتيجة من دوران الارض من الغرب الى الشرق أو دوران النجوم فى جهة معاكسة لها واحدة فى انشاء ظواهر حركة النجوم اليومية (١)


(شكل ٦)

(١) فاذا فرض أن الراصد فى نقطة ر من سطح الارض ر رَ رً (شكل ٦) و الافق له غ سه و ان ح و ىَ بعض نجوم موجودة نحو الشرق سه و حَ و حً نجوم أخرى موجودة نحو الغرب غَ . و أن النجوم ثابتة والارض دائرة حول محورها المنسقط عموديا على مستوى الشكل فى نقطة ن (مركز الدائرة) فى جهة عكسية لجهة الحركة الظاهرية للكواكب أعنى أنها دائرة من الغرب الى الشرق . وحينئذ يظهر لهذا الراصد جميع النجوم التى فوق أفقه سه غ لانه هو الذى يحدد نظره ويتوارى عنه جميع النجوم التى تحته

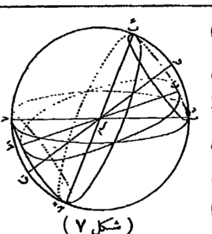
ولما كان هذا الافق سه غ يتبع الارض فى حركتها اليومية من وضعه سه غ الى سهَ غَ فيبعد عن النجمة ح التى كانت بالقرب من حافته الشرقية فى الوضع الاول (ويُرى أنها هى التى ترتفع) والنجمة ىَ التى كانت مختفية نحو الشرق تظهر فوقه والنجمة حً التى كانت فوق حافته الغربية تختفى تحته والنجمة حَ التى كانت عالية نحو الغرب تأخذ فى الانحطاط الى قرب حافته . وهكذا حتى يصير الافق فى وضع سهً غً عمودا على وضعه الاول فتظهر النجمة ح فى غاية ارتفاعها تقريباً ثم تأخذ فى الانحطاط وتختفى حين يصير الافق فى وضع سه غ . وما تقدم يحصل لو كان الراصد على خط الاستواء . وافقه موازى لمحور الدوران (محور الارض الذى تنتظم حوله حركتها اليومية) .

* تنبيهات

(١) المقنطرات — هى الدوائر الموازية لدائرة الأفق . وهى تصغر كلما قربت من قطبيها. سمتى الرأس والقدم [١]

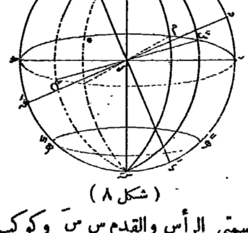
(٢) الرأسيات أو دوائر السمْوت — هى الدوائر المارة بسمتى الرأس والقدم . العمودية على الأفق . وأول الرأسيات . الدائرة المارة بنقطتى المشرق والمغرب . وهذه الدائرة هى المعتبرة مبدأ لكل الرأسيات [٢]

وأما اذا كان محور الدوران ى ىَ (شكل ٧) مائلا على مستوي الافق ب ح كما يرى فى بلادنا فان النجوم المحصورة فى الزواية الواقعة بينهما ى م ب ترى ظاهرة دائما . ولما كان مستوى الافق ب ح يرسم مخروطا فى دورانه مع الارض حول محور العالم ويشغل أوضاعا


(شكل ٧)

مثل ب ح َ و ب ً ح ً شوهد ارتفاع تلك النجوم وانخفاضها تبعا لبعد الافق وقربه منها كالنجمة ى مثلا حيث تظهر أنها ترسم دائرة تامة عمودية على محور الدوران وهكذا سائر نجوم هذه المنقطة

(١) فنى (شكل ٨) الدوائر الصغار مثل هـ هـ َ و هـ ً هـ الموازية للافق ب س ح غ تسمى (المقنطرات) . فما كان منها فوق الافق يدعى . مقنطرات الارتفاع . وما كان تحت الافق يدعى . مقنطرات الانحطات وهذه الدوائر تحدد الارتفاعات


(شكل ٨)

(٢) كل دائرة مثل س َ م س تمر بسمتى الرأس والقدم س س َ وكوكب ما ى َ عمودية علي الأفق ب س ح غ تسمى (دائرة رأسية) ويسمى سطحها

(٣) **الزاوية السمتية** — هى الزاوية المحصورة بين مستوى أى دائرة رأسية ومستوى أول الرأسيات . بشرط أن لاتزيد عن ربع الدائرة . وتقدر بقوس من دائرة الأفق يسمى (قوس السمت أو السمت) [1]

(٤) **السمت** — هى القوس المتممة للزواية السمتية وهى التى بين تلك الدائرة الرأسية واحدى نقطتى الشمال والجنوب . بشرط أن تقل عن الربع

(الدوائر السماوية)

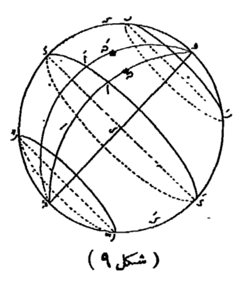
دائرة معدل النهار — دائرة نصف النهار — دائرة وسط منطقة البروج — مدار السرطان — مدار الجدى

دائرة معدل النهار : — هى الدائرة العمودية على محور العالم، ومركزها مركز الكرة السماوية [1]

(مستويا رأسيا) وأحداها المارة بنقطتى المشرق والمغرب سه غ تسمى (أول الراسيات)

(١) فى (شكل ٨) الزاوية الزوجية سه ر م أو سه س م المحصوره بين الدائرة الرأسية س م سَ المارة بالكوكب ه . وبين أول الرأسيات س سه سَ تسمى (الزاوية السمتية) وتقدر بالقوس سه م من دائرة الافق ويسمى . بقوس السمت أو السمت .

(١) ففى (شكل ٩) اذا كان محور الدوران (محور العالم) ں ںَ لـ الكرة السماوية س سَ ومركزها ر فالمستوى المار بالمركز العمودى على ں ںَ . يقطع الكرة السماوية فى دائر عظيمة ى ىَ . وهى دائرة معدل النهار . فهذه الدائرة تقسم الكرة السماوية الى نصفين



(شكل ٩)

وسميت بذلك لأنه عند حلول الشمس فيها يعتدل الليل والنهار فى جميع الأماكن التى يساويان فيها يوماً شمسيا . وهى دائرة عظيمة يقسم مستويها الكرة السماوية الى نصفين متساويين شمالا وجنوبا

تقسيم دائرة المعدل : — تعتبر هذه الدائرة مقسمة الى ٣٦٠° وكل درجة الى ٦٠َ . وكل دقيقة الى ٦٠ً . وكل ثانية الى ٦٠ وهكذا

ولأن الأرض تتم دورتها اليومية فى ٢٤ ساعة زمانية تقريباً أمام هذه الدائرة . يمكن اعتبارها أيضاً مقسمة الى ٢٤ ساعة . وكل ساعة الى ٦٠َ زمانية وكل دقيقة الى ٦٠ً زمانية وهكذا

وبناء عليه تساوى الساعة $\frac{360^\circ}{\text{٢٤ ساعة}}$ = ١٥° ، تساوى الدجة $\frac{24 \times 60}{360}$ = ٤َ زمانية

* تنبيه : *دوائر الميل أو الموازيات* : — هى الدوائر الموازية لدائرة المعدل فتكون عمودية على محور العالم أيضاً . وتأخذ فى الصغر كلما قربت من القطبين [1]

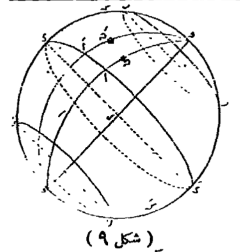
دائرة نصف النهار — خط الزوال وكيفية تعيينه — الجهات الأصلية

متساويين . أحدهما شمالى لاشتماله على القطب الشمالى ن والآخر جنوبى لاشتماله على القطب الجنوبى نَ

(١) فاذا تصورنا مستويات موازية لمستوى دائرة المعدل (شكل ٩) فأنها تقطع الكرة فى دوائر صغيرة ب بَ ، ب بً . عمودية على محور العالم . وموازية لدائرة المعدل تسمي : الموازيات أو دوائر الميل : ويشاهد صغرها كلما قربت من القطبين

دائرة نصف النهار وتسمى خط الزوال السماوى : — هى الدائرة المارة بطرفى محور العالم وسمتى الرأس والقدم [١]

وسميت بذلك لأنه عند حلول الشمس فيها . ينتصف النهـار ، ويحصل الزوال . وهى دائرة عظيمة تقسم الـكرة السماوية . ودوائر



(شكل ٩)

(١) تمهيد : يمكن أن نأخذ من جميع نقط دائرة المعدل (شكل ٩) مستويات مارة بمحور العالم . فتقطع الـكرة السماوية فى دوائر عظيمة مارة بالقطبين تسمى (الدوائر أو الخطوط الجانبية أو الساعية) فالدائرة الجانبية أو الساعية لنجمة ما ه هى الدائرة العظيمة ں ه ا ں َ المارة بالقطبين ں ، ں َ وبالنجمة ه المذكورة . والزاوية ه ں ه َ المحصورة بين كل مستويين جانبين مثل ں ه ا ں َ ، ں ه َ ا َ ں َ تسمى (الزاوية الساعية) وتقدر بالقوس ا ا َ من دائرة المعدل المحصورين هذين المستويين . وتحسب من خط نصف النهار الى الغرب من . الى . ٣٦٠°

فلو فرضنا احدى هذه الدوائر الجانبية مارة أيضاً بسمتى الرأس والقدم بأن تكون متعلقة بأفق الراصد دائماً . عمودية عليه . تابعة لحركة الأفق مع الأرض من الغرب الى الشرق لا لحركة الـكرة السماوية الظاهرية من الشرق الى الغرب . سميت حينئذ هذه الدائرة (دائرة نصف النهار أو خط الزوال السماوى) فالدائرة العظيمة ں س ء ں َ س َ ء َ (شكل ٩) المارة بطرفى محور العالم . هى دائرة جانبية أو ساعية اذا لم يفرض مرورها بسمتى الرأس والقدم س س َ وثباتها بثباتهما . وتكون (دائرة نصف النهار) اذا تصورنا مرورها بهما دائماً عمودية على الأفق ب ش ح غ (شكل ٨) وحينئذ تقسم جميع دوائر الميل أو مدارات النجوم الى قسمين متساويين

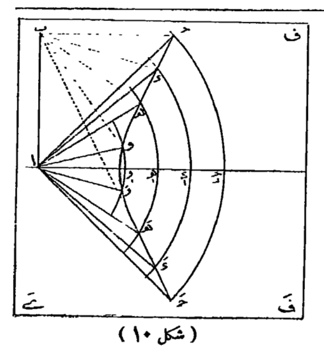
الكواكب. والنجوم اليومية. ومافوق الأفق من أقواس هذه الدوائر. الى نصفين متساويين

وحينما توجد الكواكب والنجوم على هذه الدائرة فوق الأفق. يقال انها فى أعظم ارتفاعها، فى التوسط، فى المرور العلوى، فى الزوال الحقيقى بالنسبة الى الشمس

* **خط الزوال الجغرافى**: — هو أثر مستوى دائرة نصف النهار على سطح الارض فهى تسامته فى السماء

* **تعيين خط الزوال** — له جملة طرق منها (١) طريقة الظلال المتساوية (٢) طريقه الارتفاعات المتطابقة (٣) البوصله

طريقة الظلال المتساوية: — لذلك نرقب ظل شاخص قد وضع فى مركز جملة دوائر متوازية مرسومة على مستو افقى. ونعلم بعلامات فى نقط حلول طرف ظل هذا الشاخص على محيطات هذه الدوائر قبل الظهر وبعده. فنصف الأقواس المحصورة بين نقط قبل وبعد الظهر هو «خط الزوال»[1]



(شكل ١٠)

(١) ففى (شكل ١٠) اذا فرض موقع الشاخص العمودى على المستوى الافقى ف فَ ىَ ى مركزا متحدا لجملة دوائر متوازاية مع ضبط هذا المستوى بميزان الماء والشاخص بميزان الرصاص. ثم انتظر وقت وجود ظل الشاخص على كل من هذه الدوائر قبل الزوال وبعده.

طريقة الارتفاعات المتطابقة : — لذلك نرصد نجمة بنظارة بعد شروقها وقبل غروبها بزمنين متحدين . أى وهي على ارتفاع مناسب قبل وبعد التوسط . فنصف الزاوية الحادثة من شعاعى النظارة فى هذين

فكانت نقط حـ ٬ ء ٬ هـ ٬ و . هى محلات طرف الظل احـ ٬ اء ٬ اهـ ٬ او . على تلك الدوائر قبل الزوال . وكانت نقط حـَ ٬ ءَ ٬ هـَ ٬ وَ . محلات تقابل طرف الظل احـَ ٬ اءَ ٬ اهـَ ٬ اوَ . على الدوائر بعينهما بعد الزوال

وبما أنه عند وجود الشمس على ارتفاعات متساوية قبل الزوال وبعده تكون موجودة على دوائر ساعية متساوية الأبعاد بالنسبة الى دائرة نصف النهار تقريباً قبل الزوال وبعده . خصوصا اذا كانت الشمس قريبة من المنقلبين . ومعلوم أن الظلال المتناظرة مثل احـ ٬ احـَ ٬ اء ٬ اءَ . هى اثرات مستويات الدوائر الساعية المتناظرة . فيلزم أن تكون نقط تقابل هذه الظلال بالدوائر حول الشاخص على ابعاد متساوية من خط الزوال لانه أثر دائرة نصف النهار

وبناء على ماتقدم لو نصفنا الاقواس حـحـَ ٬ ءءَ ٬ هـهـَ ٬ ووَ . المحصورة بين نقطتى تقابل طرف الظل بكل دائرة قبل الزوال وبعده . كان الخط المنصف لتلك الاقواس (المار من النقط حـ ء هـ و وموقع الشاخص) هو (خط الزوال)
١ ١ ١ ١

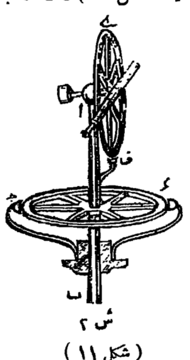
أى أثر مستوى دائرة نصف النهار على المستوى الافقى ف فَ ى ىَ

وهذه الطريقة تقريبية غالبا . لأن الشمس وان كانت تشترك مع سائر النجوم فى الحركة اليومية الا أن مدارها اليومى لايوازى دائرة المعدل فيما بين الشروق والغروب لأن بعد مركزها عن القطب يتغير فى مسافة يوم اللهم الا اذا كانت الشمس قرب المنقلبين فان هذا التغيير يكون قليلا يمكن اهماله وسيأتى بيانه

الرصدين هو (خط الزوال) (١)

البوصلة : — هى عبارة عن ابرة ممغطسة محمولة على محور رأسى

(١) أحسن مايستعمل لذلك نظارة (التيودوليت شكل ١١) وهى تتركب من دائرتين مدرجتين . احداهما ى ف رأسية وتتحرك حول محور أفقى . وتحمل نظارة تتحرك كذلك فى مستويها وعلى حافة هذه الدائرة يقاس البعد السمتى لأى نجمة . . ثانيتهما دائرة حـ ى وهى أفقية وتحمل عضادة تتحرك حول مركزها . والمحور الأفقى الذى تتحرك حوله الدائرة الرأسية محمول على محور رأسى ا ب قائم فى مركز الدائرة الأفقية حـ ى وتتحرك الدائرة الرأسية حوله بحيث يمكن



(شكل ١١)

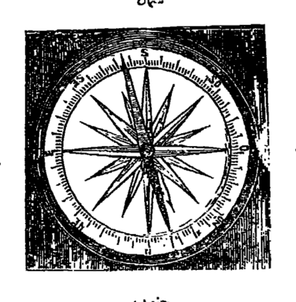
وضع مستويها فى مستو رأسى حيثما اتفق فتتبع العضادة هذه الحركة . ووضع العضاده فى كل لحظة يدل على الزاوية السمتية للدائرة الرأسية متى كانت الآله موطنه . بحيث يكون صفر تقاسيم الدائرة حـ ى منطبقا على نقطة الأفق التى يقطعه فيها مستوى أول الرأسيات وبواسطة المسامير المقلوظه الموجودة فى كرسى الآله مع الموازين ذات الفقيعة الهوائية يجعل المحور ا ب رأسيا بالضبط

وكيفية استعماله لتعيين خط الزوال : — نرقب بهنجمة بعد شروقها بزمن ما أى وهى على ارتفاع موافق ونعلم سمت الدائرة الرأسية . بأن نقرأ الرقم الواقعة عليه العضادة فى هذا الوضع . ثم بعد أن نثبت النظارة على ما هى عليه حين هذا الرصد من ميلها على الدائرة الرأسية . تدار الدائرة الرأسية فى جهة الحركة اليومية حول المحور الرأسى حتى يتسير بعد مسافة زمنية رؤية هذه النجمة من جديد فى بورة النظارة . واليعلم أن فى هذه اللحظة تكون النجمة على أرتفاع مساو للذى كان لها فى لحظة الرصد الأول . ثم يعلم سمت الدائرة الرأسية فى هذا الوضع أيضاً

مرتكز على مستو أفقى مدرج . ولاستعمالها لتعيين خط الزوال يجب أن يعلم الانحراف المغناطيسى للمحل الجارى فيه الرصد . أعنى الزاوية التى يصنعها اتجاه الأبرة مع خط الزوال . ومقداره فى مصر ٥° نحو الغرب . ولأنه يتعذر رصد الشمس أو النجوم فى غالب الأوقات بسبب السحب أو الضباب [1] كانت هذه الآلة ضرورية

ومن حيث أن العضاوة تمثل شعاعى النظارة فى الرصدين على الدائرة الأفقية فاذا رسم منصف الزاوية المحصورة بين القراءتين فى وضعى العضاوة . أى منصف الزاوية التى دارت بها الدائرة الرأسية كان هو (خط الزوال) . وأيضاً لو جعلت العضادة على منصف القوس المحصور بين القراءتين كان وضعها (خط الزوال) بالضبط وكان وضع الدائرة الرأسية هو مستوى دائرة وسط النهار

(١) والآلة المستعملة لذلك هى بوصلة الأنحراف (شكل ١٢) فاذا كانت الزاوية . التى يصنعها اتجاه الأبره مع خط الزوال معلومة بالنسبة لمحل التعيين التى قدرها فى مصر ٥° تقريباً نحو الغرب تدار الآلة الى أن تصير فى اتجاه غرب خط الشمال والجنوب بتلك الزاوية وحينئذ يكون اتجاه هذا الخط هو (خط الزوال)



(شكل ١٢)

ولأن الانحراف يتغير من بلد الى آخر ومن سنة الى أخرى فى المحل الواحد . استعمل الملاحون جداول تدلهم على مقدار هذا التغيير لجميع البحار التى يسيرون فيها

الجهات الاصلية — طرف خط الزوال الذى فى اتجاهك وأنت تشاهد القطب الشمالى السماوى يعين (نقطة الشمال) بالضبط . والطرف الآخر يعين (نقطة الجنوب) كذلك . فلو أقمت خطا عموديا على خط الزوال يعين طرفه الذى على يمينك .·. (نقطة الشرق) والطرف الآخر (نقطة الغرب) وهذه هى الجهات الأصلية [1]

دائرة وسط منطقة البروج وتسمى الدائرة الكسوفية : — هى دائرة عظيمة تتجه من الشمال الشرقى الى الجنوب الغربي تقريبا . تميل على دائرة المعدل بزاوية قدرها (٢٨َ ٢٣ْ) وعلى محور العالم بتتم (٩٠ْ)

---

(١) تعلق مستوى الزوال بالأفق وثبوته بثبوت محور العالم جعله صالحا لأن يجعل مبدأ تعد منه الزوايا السمتية ولذلك جعله بعضهم أول الرأسيات . ونهايتا خط تقاطعه بمستوى الأفق أى خط الزوال هما الجنوب والشمال . والمستوى الرأسى العمودى على مستوى الزوال يعين بتقاطعه مع الأفق نقطتى الشرق والغرب وهذه الجهات الأربع وهى الشمال والشرق والجنوب والغرب تسمى النقط الأربع الأصلية

فنى (شكل ١٢) لو فرضنا الخط المكتوب عليه شمال جنوب (خط الزوال) وكان طرفه المكتوب عليه (شمال) أمامك وأنت تشاهد القطب الشمالى . كان متجها .·. الى نقطة الشمال تماما . وطرفه الآخر الى نقطة الجنوب تماما . والخط المكتوب عليه (شرق غرب) العمودى على خط الزوال يعين طرفه الذى على يمينك نقطة الشرق والذى على يسارك (نقطة الغرب)

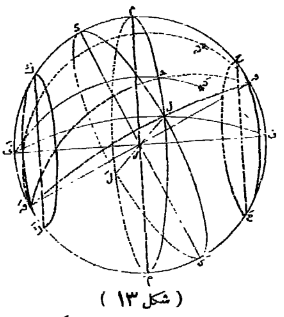
ولهذه الجهات الأربع تنسب الاتجهات المتوسطة . فاذا نصفت الزوايا الأربع الواقعة بين خط الزوال والعمودى عليه يتحصل على النقط الفرعية وهى الشمال الشرقى والشمال الغربى والجنوب الشرقى والجنوب الغربى . وبقسمة كل من هذه الزوايا الى قسمين متساوين مرتين يتحصل على ٣٢ اتجاها تسمى وردة الرياح

فلها محور وقطبان غير محور العالم وقطبيه [١] وهى المدار الظاهرى الذى ترسمه الشمس فى مدة سنة تقريباً وسيأتى بيان تسميتها بهذين الأسمين .

* تنبيهات

«الأول» خطوط الطول السماوية : — هى الدوائر العمودية على الدائرة الكسوفية المارة بقطبيها [٢]

«الثانى» خطوط العرض السماوية : — هى الدوائر الموازية للدائرة الكسوفية [٣]



(شكل ١٣)

(١) ففى (شكل ١٣) اذا فرض أن ى ىَ دائرة المعدل . فان دائرة مم َ المارة بمركز الارض ر المائلة على دائرة المعدل بزاوية ى ر م مأخوذة على الخط الجانبى نحو القطب الشمالى بزاوية مقدارها (٢٣°٢٨َ) تمثل الدائرة الكسوفية. واذا مددنا مستقيماً عمودياً على مستوى الدائرة الكسوفية مارا بمركزها ر كان هو محور الدائرة الكسوفية ويقابل الكرة السماوية فى نقطتين من الخط الجانبى ف ٬ فَ هما قطبا هذه الدائرة

(٢) اذا مررنا بجميع نقط الدائرة الكسوفية وقطبيها مستويات قاطعة للكرة السماوية تقطعها فى دوائر عظيمة نحو ف ل فَ ٬ ف ه ح فَ تسمى خطوط الطول السماوية

(٣) اذا قطعت الكرة السماوية بمستويات موازية لدائرة وسط منطقة فلك البرج فانها تقطع الكرة المذكورة فى دوائر صغيرة ح حَ ٬ ك كَ تسمى

الاعتدالان : — هما نقطتاتقابل الدائرةالكسوفية بدائرةالمعدل على قطر واحد يسمى بخط الاعتدالين . فما كانت حركة الشمس منه الى شمال دائرة المعـدل يدعى (الاعتدال الربيعى) عند أهل العروض الشمالية وما كانت الحركة منه الى الجنوب يدعي (الاعتدال الخريفى)[1]

وسميا بذلك : لانه عندحلول الشمس بهما توجد على دائرةالمعدل . ويُرى أنها رسمتها فى هذا اليوم ويستوى الليل والنهار ويبتدئ فصلا الربيع والخريف

المنقلبان : — هما نقطتا تقابل الدائرة الكسوفيـة بطرفى الخط العمودى على قطر الاعتدالين .وفيهما يكون للشمس أعظم بعد 6 ميل عن دائرة المعـدل . فما كان منهما شمال دائرة المعـدل فهو (المنقلب الصيفى) عند أهل العروض الشماليـة وما كان جنوبها فهو (المنقلب الشتوى)[2]

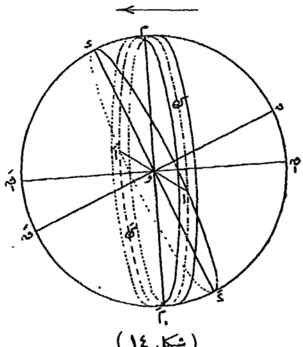
(خطوط العرض السماوية) وتأخذ هـذه الدوائر فى الصغر كلما قربت من قطبى المنطقة ف 6 فَ

(١) الدائرة الكسوفية تقابل دائرة المعدل فى نقطتين متناظرتين لـ 6 لـَ (شكل ١٣) احداهما لـ تسمى (نقطة الاعتدال الربيعى) . وهى التى توجد بها الشمس على دائرة المعدل عند مرورها من القطب الجنوبى الى الشمالى . والأخرى لـَ وتسمى (نقطة الاعتدال (الخريفى) . وهى التى تحل بها الشمس عند مرورها من النصف الشمالى الى الجنوبى والخط لـ لـَ يسمى (خط الاعتدالين) . وزاوية ميل الدائرة الكسوفية ى ✓ م على دائرة المعدل تسمى (الميل الأعظم)

(٢) فاذا أقمنا من مركز الكرة السماوية و (شكل ١٤) وفى مستوى

وسميا بذلك : لأنه عند حلول الشمس فيهما . ترى كأنها واقفة ثم تنقلب فى حركتها وتتجه الى الجنوب بعد الشمال والى الشمال بعد الجنوب . ويبتدئ فصلا الصيف والشتاء

منطقة فلك البروج — هى شبه شريط من سطح الكرة السماوية عرضها ١٨° تقريبا يتوسطها الدائرة الكسوفية وتنحصر بين دائرتين موازيتين لها [1]



(شكل ١٤)

الدائرة الكسوفية ك كَ خطا عموديا على خط الاعتدالين اا . فانه يقابل محيط هذه الدائرة فى نقطتين م فى نصف الكرة الشمالى وتسمى (المنقلب الصيفى) ، مَ فى الجنوبى وتسمى (المنقلب الشتوى) وخطا الاعتدالين والمنقلبين يقسمان الكرة السماوية الى أربعة أقسام متساوية تسمى (فصولا) وتتحرك الشمس على الدائرة الكسوفية كما هو مبين بالسهم من الاعتدال الربيعى الى المنقلب الصيفى م الى الاعتدال الخريفى اَ الى المنقلب الشتوى مَ الى الاعتدال الربيعى وهكذا وسيأتى بيانه تفصلا

(١) هذه التسمية قديمة وكانت معروفة فى مصر واليونان انها محل السير للشمس والسيارات الأصلية على القبة السماوية . ويقدرون عليها مواقعها وطول حركاتها ولم يزل الى الآن وقدماء الفلكين لما امكنهم معرفة الصور التى تقطعها الشمس بحركتها السنوية قسموا الدائرة الكسوفية ومنطقة فلك البروج الى هذه الاثنى عشر جزءا لتعيين الأوضاع المتتالية التى تشغلها الشمس فى مدة سنه . وسموها بأسماء الصور الكوكبية المطابقة لها فى ذاك الوقت . وهى

تقسيم منطقة فلك البروج — تنقسم هذه المنطقة بالابتداء من الاعتدال الربيعى الى ١٢ برجا متساوية. ثلاثة منها ربيعية ، ثلاثة صيفية ، ثلاثة خريفية ، ثلاثة شتوية وكل برج منها ثلاثون درجة وهاك أسماؤها بترتيبها من الاعتدال الربيعى الحمل — الثور — الجوزاء السرطان — الأسد — السنبله — الميزان — العقرب — القوس — الجدى — الدلو — الحوت

مدار السرطان — هو الدائرة اليومية التى ترسمها الشمس حينما تكون فى الانقلاب الصيفى (١)

مدار الجدى — هو الدائرة اليومية التى ترسمها الشمس عند ماتكون فى الانقلاب الشتوى (١)

وان تغير منظر السماء من منذ الفى سنة . وكذلك تغيرت مواقع الشمس على هذه الصور بسبب تقهقر الأعتدالين . لكن لازالت اسماء تلك الصور محفوظة لهذه الأثنى عشر جزءا . وقد جمعها بعضهم فى قوله

حمل الثور جوزة السرطان ورعى الليث سنبل الميزان
ورمى عقرب بقوس لجدى نزح الدلو بركة الحيتان

وقبل اكتشاف السيارات التلسكوبية كان عرض المنطقة المذكورة معتبراً من ١٧° الى ١٨° ولكن بعد أن اكتشف وجد أن مداراتها ذات ميل أكبر من هذا العرض

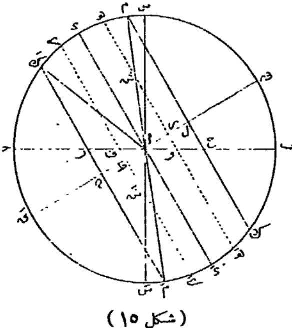
(١) سبق أن دائرة وسط منطقة البروج المائلة على دائرة العدل هى مدار الشمس فى حركتها السنوية الظاهرية الناشئة عن حركة الأرض الحقيقية حول الشمس فى مدة سنة

وهنا نقول بسبب حركة الأرض اليومية حول محورها تظهر الشمس أنها ترسم كل يوم دائرة عمودية على محور العالم منطبقة على دائرة العدل (فى يومى الاعتدالين) وفى غير هذين اليومين ترسم موازيات لدائرة المعدل شمالها أو

وهذان المداران موازيان لدائرة المعدل وبينهما المتوازيات اللاتى ترسمها الشمس فى سائر أيام السنة ومنها دائرة المعدل فى يومى الاعتدالين

جنوبها وحينما تكون فى أعظم ميلها عند المنقلبين ترسم مدارى الجدى والسرطان

ففى (شكل ١٥) اذا فرضنا ب ن س ح نَ مستوياً جانبياً و ب ح الأفق و ا س الرأسى المار بموقع الراصد ا و ن ن َ محور العالم . ثم لأجل التقريب نفرض أن خط الاعتدالين منسقط عموديا على هذا المستوى الجانبى فى ا ومسقط دائرة العدل عليه مبين بخط ى ا ى َ ومسقط دائرة وسط منطقة فلك البروج مبين بالمستقيم م ا م َ مائلا على الخط الأول ى ى َ بمقدار (٢٨َ ٢٣°)



(شكل ١٥)

ففى الاعتدال الربيعى — تكون الشمس فى نقطة ا وفى هذا اليوم ترسم بحركتها اليومية دائرة المعدل ى ا ى َ ثم تنتقل الشمس فى نصف الكرة الشمالى راسمة فى كل يوم دائرة يومية موازية لدائرة المعدل . وهذه الدوائر المرسومة بحركتها اليومية الموازية لدائرة المعدل هى دوائر الميل المشار اليها سابقا . وبعد مضى بضعة أيام تأتى فى نقطة ش من الدوائر الكسوفية ويرى أنها ترسم بحركتها اليومية دائرة الميل هـ هـَ وعند ما تحل فى نقطة المنقلب الصيفى م ترسم المدار اليومى م ك ويسمى (مدار السرطان) ثم تأخذ الشمس فى القرب من المعدل ثانياً راسمة فى كل يوم دائرة ميل (مداراً يوميا) الى أن تحل فى نقطة الاعتدال الخريفى المسقوطة أيضاً فى ا فترسم دائرة المعدل ثم تمر الشمس فى نصف الكرة الجنوبى الى أن تأتى فى شَ فترسم دائرة الميل ى شَ ىَ الى أن تحل بنقطة المنقلب الشتوى مَ فترسم المدار مَ كَ ويسمى (مدار الجدى)

ملاحظة — المنحنى الذى ترسمه الشمس فى يوم ليس دائرة حقيقية بل هو منحن غير مغلق فهو كطية من طيات منحن حلزونى [(١)]

الفصل الثالث

نظارة العبور — الدائرة الحائطية — كيفية تعيين القطاب السماوى الميل — الصعود المستقيم

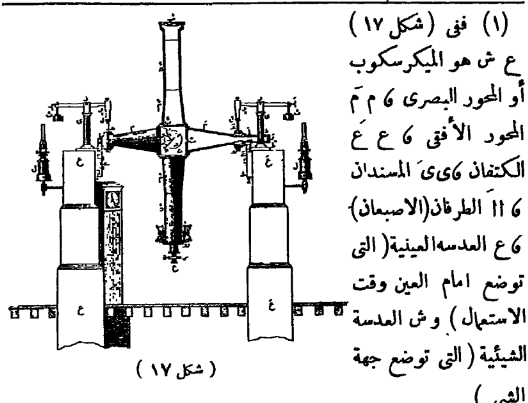
نظارة العبور — هى آلة فلكيـة تتكون من ميكرسكوب

(١) ولذلك نرى فى (شكل ١٦) أن ما ترسمه الشمس بحركتها الظاهرية اليومية على الكرة السماوية ك كَ وهو منحن حلزونى محصور بين مدار السرطان م ك ومدار الجدى مَ كَ وهى تسير من نقطة الاعتدال الربيعى حالة كونها ترسم كل يوم بحركتها اليومية طية من طيـات منحن حلزونى الى (المنقلب الصيفى) وفيه ترسم مدار السرطان ثم منه الى نقطة الاعتدال الخريفى فبعد أن كانت فى نصف الكرة الشمالى تصير فى نصف الكرة الجنوبى الى (المنقلب الشتوى مَ) وهنا ترسم مدار الجدى ثم ترجع فى ذلك المنحنى الحلزونى بالثانى الى نقطة الاعتدال الربيعى وهكذا

(شكل ١٦)

وينشأ من هاتين الحركتين الظاهريتين أن الشمس تشرق فى نقط مختلفة من الأفق ب حـ فى الأيام المتتابعة مثل و ، هـ وتغرب كذلك فى نقط مختلفة منه مثل ح ، ر ولكنها لا تتجاوز نقطتين معلومتين ى ، ى منه أحدهما ى نحو الشمال والأخرى ى نحو الجنوب

مركب يتحرك على محور أفقى محمول على كتفيز متينين من البنـاء أو غيره وطرفا هذا المحور يتحركان فى سكرجتين اسطوانيتين مثبتتين على مسندى الكتفين .[١] ويشترط أن يكون محور دورانها أفقيا[٢] وأن يكون المكرسكوب عموديا عليه[٣]



(شكل ١٧)

(١) ففى (شكل ١٧) ع ش هو الميكرسكوب أو المحور البصرى ، م مَ المحور الأفقى ، ع عَ الكتفان ، ى ىَ المسندان ، ا اَ الطرفان (الاصبعان) ، ع العدسه العينية (التى توضع امام العين وقت الاستعمال) و ش العدسة الشيئية (التى توضع جهة الشى)

(٢) لتحقق هـذا الشرط يوضع ميزان ماء على المحور الافقى ويرفع أو يخفض أحد طرفيه حتى تصير فقيعة الميزان فى الوسط

(٣) لذلك ينظر بالنظارة الى تقاسيم مسطرة توضع افقية على بعدمنها . ويعلم القسم الذى تنطبق عليه نقطة تقاطع حامل الشعر الذى في النظارة . ثم يرفع المحور من السكرجتين وتدار الآلة الى أن يصير أحد الصباعين في السكرجة التى كان يشغلهـا الصباع الآخر وبالعكس فاذا انطبقت نقطة تقاطع الشعرات على القسم الذى انطبقت عليـه فى الحالة الاولى بعينه كان الشرط مستوفيا . والا فيعلم القسم الجديد الذى انطبقت عليه . وفى منتصف المسافة الواقعة بين القسمين المعلمين يوجد الوضع العمودى للمحور البصرى

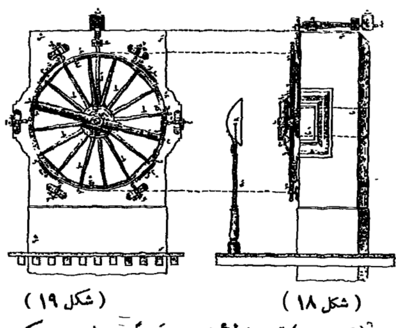
وان يتحرك فى مستوى الزوال[1]

وهذه النظارة يعرف بها زوال الشمس وتوسطات الكواكب . ولذا تسمى « نظارة المرور » أو النظارة الزوال

الدائرة الحائطية — هى عبارة عن نظارة زوالية محورها الأفقى يتحرك فى سكرجة مثبتة فى حائط بنى على خط الزوال وفى مركز طارة من النحاس مقسمة من الأعلى[2] المطابق للوضع الرأسى للمحور

ويوجه المحور البصرى المذكور نحو نقطة منتصف المسافة المذكورة بتحريك حامل الشعر فى مستويه تحريكا عرضيا بواسطة برمة

(١) ولذلك يعرف بواسطة (بندول نجمى) الزمن الذى يمضى بين المرورين العلوى والسفلى لنجم أبدى الظهور بالمستوى الرأسى المرسوم بالمحور البصرى للنظارة . فاذا كان هـذا الزمن مساويا النصف يوم نجمى كان المستوى المذكور منطبقاً على مستوى الزوال . وإلا حرك أحد الصباعين أفقيا الى أن يساوى نصف يوم نجمى فيتحقق هذا الشرط



(شكل ١٩) (شكل ١٨)

(٢) ففى (شكل ١٩) ترى الحائط ر ر ر ر مثبت به سكرجة يتحرك فيها المحور الافقى ص ص المار من مركز الطارة حـ حـ حـ الشبيهة بعجلة العربة ويتحرك على هذه الطارة والمحور الافقى. ذلك المحور البصرى ع ش

البصرى (١) من الصفر الى ٣٦٠ ويشترط فيها شروط النظارة الزوالية ويعرف بها ميول النجوم . وغاية ارتفاعها. وابعادها السمتية . والقطبية وقت التوسط . وكذا القطب السماوى

كيفية تعيين القطب السماوى – لذلك نرصد كوكبا أبدى الظهور حين توسطه الأعلى والأسفل بالدائرة الحائطية . فنصف مجموع درج بعدى التوسطين عن السمت هو درج اتجاه النظارة الى القطب (٢)

ولاستعمالها تقرأ الدرجة المطابقة لنقطة السمت ثم الدرجة المطابقه للمحور البصرى وهو امام النجم المراد تعينه وما بين القراءتين هو البعد السمتى الخ

(١) هذا هو الشرط الأساسي ويتحقق برصد النظير من وقت الى آخر . بأن يوضع أسفل الآلة اناء مملوء بالزئبق فيكون سطحه الساكن أفقيا . فاذا وضعت النظاره فى وضع رأسى وكانت الشيئية جهة الأسفل ونظر الى السطح العاكس لهذه المراية التى من سائل الزئبق . أمكن رؤية صورة شعرات حامل الشعر الذي يعتنى بتنويره بالقاء ضوء مصباح على الشعرات . فمتى كانت نقطة تقاطع الشعرات منطبقة تمام الانطباق على صورتها الخاصة. يكون المحور البصرى للنظارة رأسيا . وفى هذه الحالة يكون متجها نحو النظير وبقراءة القسم المطابق للنظارة وطرح ١٨٠° منه يتحصل على القسم المطابق للسمت ويتحصل على صفر التقاسيم

(٢) واليكن س سَ (فى شكل ٢٠) دائرة نصف النهار ٯ ب حـ الأفق ٯ س سمت الرأس ٯ ں القطب السماوى المطلوب تعيينه ٯ ء ءَ دائرة المعدل

فبمقتضى ماتقدم وهو أن النجوم ترسم دوائر تامة حول محور العالم ں م ںَ . اذا راقبنا

(شكل ٢٠)

الصعود المستقيم — كيفية تعيينه

الصعود المستقيم . ويسمى المطلع المستقيم — هو بعد الكوكب عن نقطة الاعتدال الربيعى . ويقدر هذا البعد بمقياس قوس دائرة المعدل المحصور بين دائرة نصف النهار المارة بهذا الكوكب ودائرة نصف النهار المارة بنقطة (الاعتدال الربيعى) [١]

نجما أبدي الظهور . نراه يتوسط مرتين ويمر بدائرة نصف النهار فى نقطتين ه ، هَ بحيث يكون القوس ن ه = ن هَ . وتسمى نقطة ه القريبة من سمت الرأس بنقطة التوسط الاعلى لهذا الكوكب ، هَ نقطة التوسط الاسفل له

ولذلك اذا عينا بعد التوسط الاعلى بالدائرة الحائطية وهو القوس ه س . وكذا بعد التوسط الاسفل وهو القوس هَ س . ومعلوم أن ن س = ن ه + ه س ، ن س = هَ س − ن هَ فهاتان متساويتان بجمعهما ينتج أن

٢ ن س = ه س + هَ س

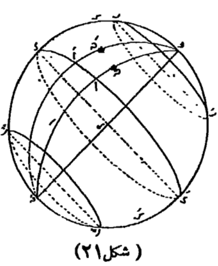
ومنه يحدث أن ن س = (ه س + هَ س) / ٢

وهو بعد القطب عن السمت الذى هو القوس ن س

فاذا أريد معرفة (ارتفاع القطب عن الافق) يطرح البعد المذكور من ٩٠° فالباقى يكون هو الارتفاع المطلوب

وبهذه الطريقة وجد أن ارتفاع القطب عن سطح أفق القاهرة ٤ً ٢َ ٣٠°

والبعد القطبى لاى نجم — هو باقى طرح البعد السمتى للنجم من بعد القطب السمتى . فان البعد القطبى لنجم ه هو ن س — س ه



(شكل ٢١)

(١) (ففى شكل ٢١) لوفرضنا ى ىَ

ويعد الصعود من ٠° الى ٣٦٠° من المغرب الى المشرق ابتداء من نقطة الاعتدال الربيعي

كيفية تعيين الصعود المستقيم لكوكب ما — لذلك تستعمل النظارة الزوالية ٥ بندول منظم (ساعة تدق الدقائق والثواني) فيرصد كوكب أصل الصعود المستقيم (كاحد الكواكب ء من الدب الاكبر ٥ ا من المرأة المسلسلة لوقوعهما على الدائرة الجانبية المارة بنقطة الاعتدال الربيعي تقريباً)[1] وقت مروره بدائرة نصف النهار. ويعين هذا الوقت على البندول. ثم يرصد الكوكب المراد تعيين مطلعه حين مروره بها أيضا. ويعين وقته. فالزمن الذى بين الوقتين اذا حول الى

دائرة المعدل ٥ ١٥١ ١٥َ الدائرة الجانبية المارة بنقطة الاعتدال الربيعي ا وكوكب ۞ من كواكب أصل الصعود المستقيم فالبعد اَا هو مطلع الكوكب ۞َ

(١) فاذا أريد التحقيق لا التقريب يرجع الى جدول النجوم الأساسية. وذلك أنه لما لم يوجد نجوم على دائرة نصف النهار المارة بنقطة الاعتدال الربيعي بالضبط عينوا المطالع المستقيمة بالضبط الكلي لجملة نجوم شهيرة يسهل رصدها بالنظارة ليلا ونهاراً ووضعوا لها جداول سموها جداول النجوم الأساسية. وصار الآن استعمال هذه النجوم لأمور كثيرة منها (تنظيم البندول النجمي) فترصد مروراتهما العلوية والسفلية لذلك

ومنها رصدها عوضا عن رصد نقطة الاعتدال الربيعي لتعين الصعود. فاذا كان البندول منظما على نقطة الاعتدال الربيعي سهل الأمر لأنه اذا بين وقت مرور الاعتدال بمستوى الزوال ٠َ ٠ً ٠س وبين وقت مرور النجم المراد مطلعه ٢ً ٣٣َ ١٨س فان الصعود المستقيم لهذا النجم = (٢ً ٣٣َ ١٨س) × ١٥° = ١٨ ٥/٩ × ١٥ = ٢٧٨ ١/٣ من الدرج أعني ٢٠َ ٢٧٨° وهو المطلوب

درجات قوسية بمقتضى ما سبق . يكون الناتج هو الصعود المستقيم لهذا الكوكب

الميل — كيفية تعيينه

الميل — هو بعد الكوكب عن دائرة المعدل . ويقدر بمقياس قوس دائرة نصف النهار المحصور بين الكوكب المفروض ودائرة المعدل

وتقدر الميول من ٠° الى ٣٦٠° فى نصف الكرة الشمالى ومن ٠° الى — ٩٠° فى النصف الجنوبى بمعنى أنها موجبة فى الشمالى وسالبة فى الجنوبى

كيفية تعيين الميل — لذلك يعين البعد القطبى للكوكب بالدائرة الحائطية كما سبق ثم يطرح من ٩٠° ويسبق الباقى بعلامة + اذا كان الميل شماليا ، — اذا كان جنوبيا [١]

وأما اذا كان البندول ليس منظما على نقطة الاعتدال الربيعى فنعمد الى نجم أساسى فمثلا يوجد فى الجداول أن المطلع المستقيم للنجمة الاساسية المسماة الطائر من النسر هو ١٩س ٤٥د ١٠و٢٩ث والبندول بين وقت مرورها بمستوى الزوال ١٩س ٤٤د ٥٢ر٥ث يعنى فى البندول تأخير قدره ١٧و٧٩ث . ويراد معرفة مطلع النجمة هـ التى مرت بمستوى الزوال والبندول يبين ٢٠س ٢٣د ٢٧و٤ث

فحينئذ مطلع هـ = ٢٠س ٢٣د ٢٧و٤ث + ١٧و٧٩ث = ٢٠س ٢٣د ٤٥و١٩ث
= ٣٠٥° ٥٦' ١٧ر٨٥"

(١) فاذا فرض فى (شكل ٢٢) ن نَ محور العالم ، م مَ دائرة المعدل

الباب الثانى

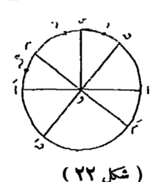
فى الكواكب وما يتعلق بها

الفصل الأول

أقسام الكواكب — الكواكب الثوابت — صورها السماوية — الكرات السماوية الصناعية — كيفية انشاء الكرات السماوية الصناعية — السحابيات — المجرة

أقسام الكواكب — تنقسم الكواكب الى قسمين ثوابت وسيارات

فالثوابت — هى التى لاتتغير مواضع بعضها بالنسبة الي البعض الآخر بحيث أن الزاوية الواقعة بين الضلعين الممتدين من نظر الراصد الى كوكبين منها ثابتة لاتتغير [1].



(شكل ٢٢)

، س و. الرأسى. فيكون البعد القطبى للنجم هَ هو هَ ن = ن س هَ س وميلها هو هَ م = ٩٠° — هَ ن وهذا اذا كانت النجمة ه فى شمال السمت. فاذا كانت في جنوبه مثل ه يحصل ه ن = ن س + ه س ، ه م = ٩٠° — ه ن. وفى هاتين الحالتين توجد النجمة فى نصف الكرة الشمالى . فاذا كانت فى الجنوبى أى فى هً مثلا يحصل هً ن = ن س + هً س ، هً م = ٩٠° — هً ن

(١) يري للنجوم الثابتة حركات ظاهرية كحركتها التى لا تتجاوز قوسا فى السماء قدره ثانية بسبب حركة الارض السنوية ومثل الحركة النجمية التى لاتتجاوز ٨ً بسبب حركة المجموعة الشمسية التى قالوا ان قدرها فى الثانية

والسيارات هي التى تتحرك على الكرة السماوية بحيث تتغير مواضعها بالنسبة الى النجوم فيرى الانسان الكوكب السيار تارة قريبا من كوكب ثابت وتارة بعيدا عنه

(الكواكب الثوابت)

* *ترتيبها* — قسّم الأقدمون النجوم الثابتة باعتبار تفاوت اضاءتها الى أقسام سموها أقدارا . بمعنى أن أعظمها نوراً يعد من القدر الأول والذى يليه يعد من الثانى وهكذا . وآخر ما يمكن رؤيته بالنظر المجرد ينحصر ما بين القدر الأول والسادس وعدده ٤١٠٠ نجمة واما باستعمال النظارات فيصل الى ٢٠٫٤٠٠٫٠٠٠ تقريبا من القدر الاول لغاية الخامس عشر

ثم ان نجوم كل رتبة تتفاوت أضواؤها [1]

ويوجد عدد من النجوم يزيد ضوءه وينقص من وقت لآخر

---

٨ كيلو متر . وانها على طول الزمن ستغير منظر السماء وأشكال الصور السماوية

(١) ولذلك قد ذكرت نجوم القدر الأول وهى عشرون فى اشهر الخرط على هذا الترتيب هكذا بحسب اضاءتها

١	الشعرى اليمانية	٨	الشعرى الشامية	١٥	الطائر
٢	سهيل اليمن	٩	كتف الجبار	١٦	السماك الاعزل (نير السنبلة)
٣	ا من شنطورس	١٠	آخر الشهر	١٧	فم الحوت
٤	السماك الرامح	١١	الدبران	١٨	ب من الدجاجة
٥	رجل الجبار	١٢	ب من شنطورس	١٩	رأس التوأم المؤخر
٦	العيوق	١٣	ا من الدجاجة	٢٠	قلب الأسد
٧	الواقع	١٤	قلب العقرب		

بحيث أن النجمة تمر على جملة أقدار مختلفة وتسمى (النجوم المتغيرة)[١]
وهناك نجوم وقتية تظهر زمنا مّا ثم يقل ضوءها الي أن تختفى[٢]

الصور السماوية — اتفق قدماء الفلكيين حين أرادوا دراسة النجوم لمساعدة الذاكرة على تقسيمها الى مجموعات متميزة . سموها الصور السماوية وأطلقوا عليها أسماء كائنات حية وغير حية لتشابه مسمياتها باشكال هذه الصور فى تصورهم اذ ذاك . واستعملوا الحروف الأبجدية لبيان نجوم كل صورة ورمزوا بالحروف ا ، ب ، حـ ، ء للنجوم الأربعة الأصلية من كل صورة

وتنقسم الصور الى ثلاثة أقسام شمالية وعددها ٢١ صورة ، منطقية وعددها ١٢ صورة ، جنوبية وعددها ١٥ صورة . فالمنطقية هى صور منطقة البروج السابق ذكرها

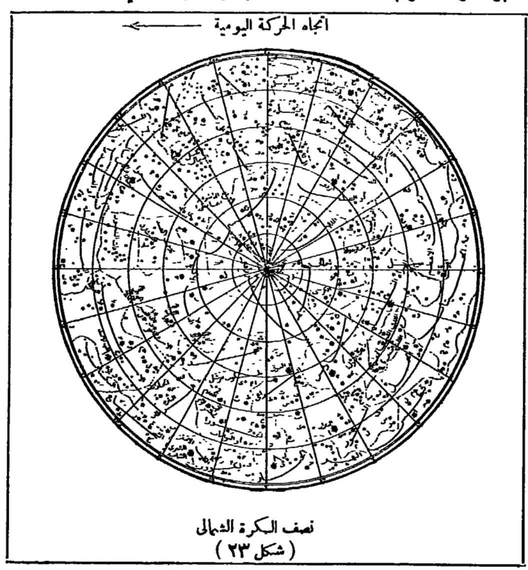
---

(١) فالنجمة و من القيطس تتغير من لمعان القدر الثانى الى الحادى عشر فى مدة ١١ شهر ، الغول من برشاوش تتغير من الثانى الى الرابع فى مدة $\frac{د}{٤٩}$ $\frac{س}{٢١}$ $\frac{يوم}{٢}$ ٢ . وبعض النجوم يكون بين زيادته ونقصه جملة سنين . وقد عللو هذا التغير بوجود كلفات على سطحها لا بنسبة واحدة

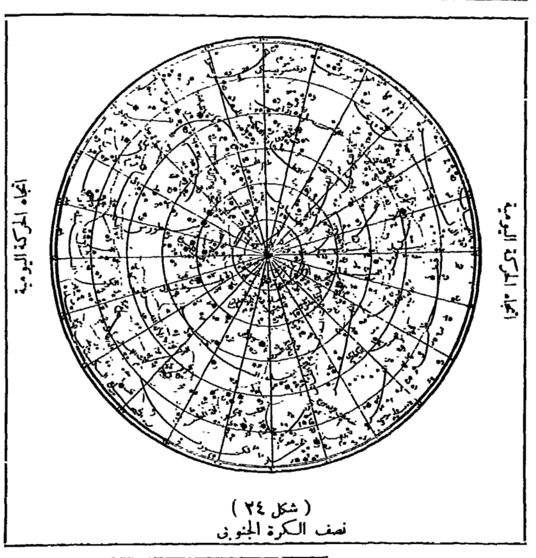
(٢) وذلك كالنجمة التى ظهرت فى ذات الكرسى سنة ١٥٧٢ وكانت أزهى نجوم السماء ثم تناقص ضوؤها تدريجا الى أن اختفت بعد مضى ١٧ شهرا من ظهورها هذا وقد اختفى نجوم كثيرة كانت معدودة قديما فى الصور السماوية والأشياء المفروضة للآن لتعليل هذا الظهور وهذا الاختفاء وذلك التغير لا زالت مشكوكا فيها

والشمالية هى — الدب الاكبر (١)

(١) أحسن الطرق لمعرفة الصور السماوية (اذا لم يتيسر درسها مع معلم من أهل الفن) مقارنة خريطة فلكية بما يرى من نجوم السماء بواسطة طريقة التخطيط . ولاجل ذلك يستعان بمسطرة طولها ثلاثة أمتار فيتصور مرور خطوط من نجم معروف ومشهور الى سائر الصور وبعد تصوره فى الخريطة توضع المسطرة جهة السماء على نجمين معروفين على هـذا المستقيم ليتوصل الى الثالث وهكذا ويلاحظ أن مقابلة الخطوط للنجوم تقريبية لوجود الخطأ اللازم لاسقاط الكرة على مستوى الخريطة العامة (شكل ٢٣ و٢٤) واعتاد الفلكيون أن يجعلوا مبدأ التخطيط صورة الدب الاكبر لأنها أشهر الصور وأعرفها. فاذا اتجه الانسان بنظره نحو الشمالى يرى هذه الصورة

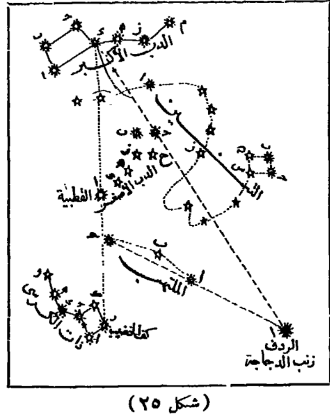


نصف الكرة الشمالى
(شكل ٢٣)



(شكل ٢٤)
نصف الكرة الجنوبى

وتسمى بنات نعش الكبرى (شكل ٢٥) وتحتوى على سبع نجوم من القدر الثانى ماعدا النجمة ى فانهما من الثالث والأربعة الأصلية تكون شبه منحرف والثلاثة الباقية هـ ز م تكون ذنب الدب الأكبر



(شكل ٢٥)

الدب الاصغر [١] التنين [٢] — ذات الكرسى [٣] — الملتهب [٤] — الدجاجة [٥] — الفرس الاعظم [٦]

---

(١) فى الدب الأكبر (شكل ٢٥) اذا مد الخط ب ا من جهة ا بيعده خمس مرات فانه يمر بالنجمة القطبية ا وهى من القدر الثانى وتبعد عن القطب بنحو ٥ر١° وتسمى (الجدى) وعند العوام (وتد النجم) وبواسطتها يسهل معرفة الجهات الأصلية ليلا . حيث يكون الشمال أمام الناظر والجنوب خلفه والشرق يمينه والغرب يساره وهى ثالث نجمة من ذنب الدب الاصغر المشابهة صورته للدب الأكبر . الا انها أصغر منها وموضوعة بعكسها

(٢) النجمة ا الموجودة على منتصف المستقيم الواصل بين الفرقد ح من الدب الأصغر و ز من ذنب الدب الأكبر هي من صورة التنين التى رأسها مكونة من ح ب ه س

(٣) اذا مد المستقيم الواصل بين ء من الدب الأكبر والنجمة القطبية من جهتها بنحو ½ مابينهما يصل الى صورة ذات الكرسى المكونة من سبع نجوم أيضاً ا ب ح ء ه من القدر الثالث و ك من الرابع وهذه الصورة تكون دائماً فى مقابلة الدب الأكبر بالنسبة الى النجمة القطبية

(٤) النجمة ح من الملتهب توجد تقريبا فى منتصف المستقيم المار بالنجمة ا ب من ذات الكرسى و ء من الدب الأصغر

(٥) امتداد المستقيم المار بنجمتى ح و ا من الملتهب بقدر ما بينهما يمر بذنب الدجاجة ا المسمى بالردف

(٦) فى (شكل ٢٦) اذا مد المستقيم الذى عين ذات الكرسى بمقداره من جهتها يقابل صورة

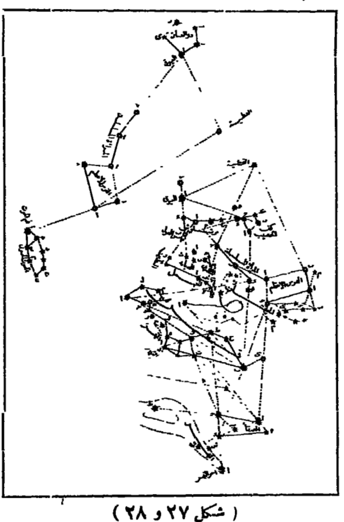
(شكل ٢٦)

المرأة المسلسلة — الفرس الاصغر - برشاوش[١] ماسك العنان[٢] —

الفرس الاعظم الذى هو عبارة عن ثلاثة نجوم على شكل زاوية وبأضافة النجمة ا من المرأه المسلسلة اليه يتكون مايسمى بربع الفرس الاعظم . وعلى امتداد الخط الواصل بين ا من الفرس الاعظم ٯ ا من المرأه المسلسلة توجد ب من المسلسلة وتسمى بالرشا احدى منازل القمر

(١) فاذا مد الخط ب حـ من المرأه يمر بالنجم ا من برشاوش وبالتأمل للشكل يرى أن مجموع مربع الفرس الأعظم والخط ب حـ من المرأه المسلسلة والنجمة ا من برشاوش يكوّن شكلا يشبه الدب الأكبر الا أنه أعظم منه

(٢) فى (شكل ٢٧ و ٢٨) اذا مد مستقيم من القطبية عمودياً على الخط الواصل بينها وبين ا من الدب الأكبر جهة برشاوش يمر بنجمة ا من القدر الأول تسمي العيوق وهي نيرذى العنان وهذه الصورة تشبه مخمسا غير منتظم



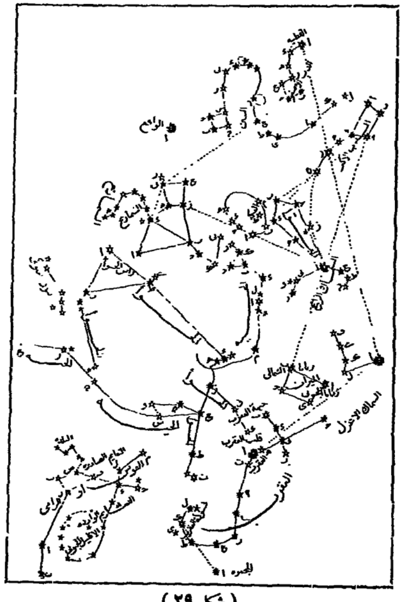
(شكل ٢٧ و ٢٨)

الاكليل الشمالى (١) — العواء (٢) — الحية (٣)

(١) بقدار المسافة التى بين ى من الدب الأكبر ونهاية ذنبه مرة ونصف جهة الذنب (شكل ٢٩) نجد ا نير الاكليل الشمالى من القدر الثانى ويسمى الفكه

(٢) اذا مد المنحنى المار بنجوم ذنب الدب الأكبر الثلاثة على استقامته نحو النصف الجنوبى قابل ا نير العواء من القدر الأول يسمى السماك الرامح وصورة العواء تكون مخمسا غير منتظم

(٣) اذا مد مستقيم بين نجمة ب من العقرب و ا نير الفكه يتقابل مع ا من نير الحية

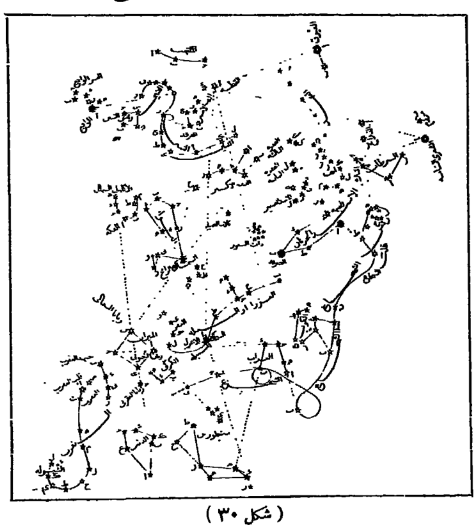


(شكل ٢٩)

الجاثى على ركبتيه (١) — السهم — النسر الواقع (٢) — الدلفين

(١) بمقدار المسافة التى بين السماك الرامح و نير الفكه من جهتها تجد نجمة ز وبجوارها هـ من القدر الثالث هما من الجاثى على ركبتيه وهذه الصورة تكوّن نجومها شبهي منحرفين(شكل ٢٩)

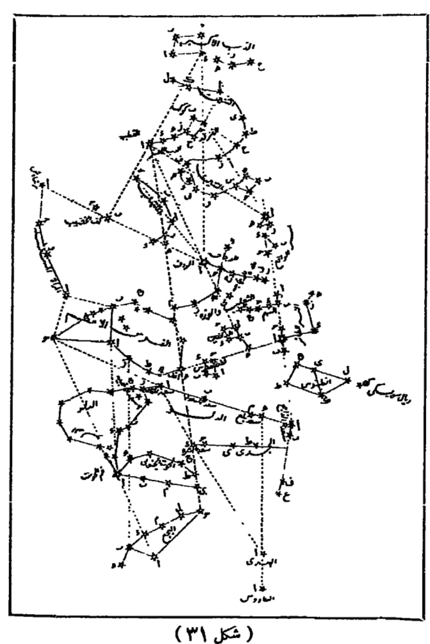
(٢) فى (شكل ٣٠) اذا مد المستقيم المار بالفرقد حـ من الدب الأصغر الى حـ من التنين فى جهتها يمر بنجمة ا نير النسر الواقع من القدر الأول



(شكل ٣٠)

الحوا — النسر الطائر[1] — المثلث الشمالى

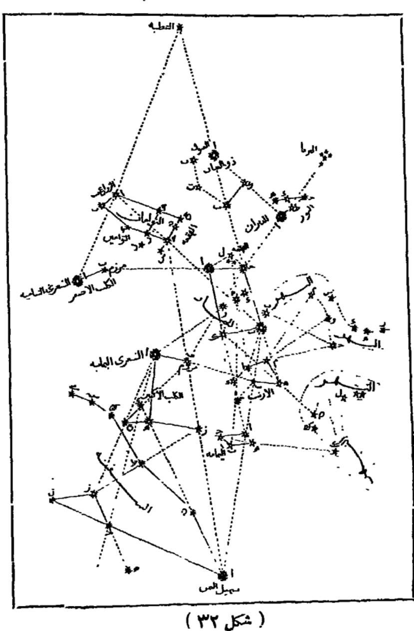
(١) فى (شكل ٣١) بقدر نصف المسافة التى بين ب من رأس التنين والواقع جهة الجنوب نجد ا من القدر الأول يسمى (الطائر) نير صورة النسر الطائر



(شكل ٣١)

والجنوبية هى — القيطس — الجبار[1] — نهر الأردن — الأرنب

(١) فى (شكل ٣٢) اذا مد المستقيم المار بالقطبية وبالعيوق يمر بالنجمة ب المقاطرة له وبعد مقدار بعدهما مرة ونصف يقابل حـ من صورة الجبار وهى تتبين بشكل كبير ذى أربعة أضلاع ا حـ ب ك داخله ثلاثة نجوم ى ٥ هـ ٥ ز من القدر الثانى تسمى منطقة الجبار وعند العوام بالعصى



(شكل ٣٢)

الكلب الأصغر [١] — الكلب الاكبر [٢] — السفينة — الشجاع — الكأس — الغراب — المحراب — سنطورس — الذئب — الاكليل الجنوبى — الحوت الجنوبى

الكرات السماوية الصناعيـة — كيفية انشاء الكرات السماوية الصناعية

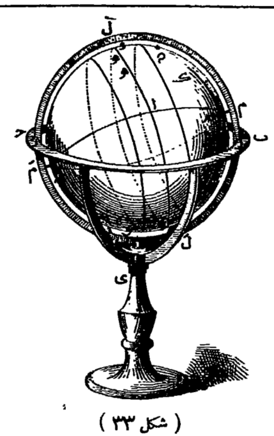
الكرات السماوية الصناعية — هى كرات صناعية ترسم عليها النجوم بنسبة ميلها ومطلعها المستقيم فيتعين مواضع النجوم عليها ويمكن احصاؤها بطريقة أضبط من غيرها

كيفية انشاء الكرات السماوية الصناعية — لذلك تؤخذ كرة من الخشب أو المعدن . ويفرض عليها نقطتان متقابلتان يمثلان القطبين السماويين . ويرسم دائرة مارة بها تمثل دائرة نصف النهار (دائرة ساعية أو جانية) ثم دائرة أخرى على بعد ٩٠° من القطبين عمودية على الأولى تمثل دائرة المعدل . ثم يعلّم على سطح هذه الكرة جملة نقط تعين كل واحدة منها بالمطلع المستقيم والميل للنجمة

(١) على امتداد المستقيم المار بالقطبية و ا من الجوزاء يقابل النجمة ا من الكلب الاصغر وهي نيرْ وتسمى الشعرى الشامية

(٢) على امتداد المستقيم المار بنجمتى ى و هـ من منطقة الجبار نحو الجنوب يمر بنجمة بيضاء لامعة من القدر الاول تسمى الشعرى اليمانية وهي نير صورة الكلب وأزهى نجوم السماء

المطابقة لها [١]



(شكل ٣٣)

(١) فمثلا الكرة الصناعية ك (شكل ٣٣) تتركب من الخشب أو المعدن . ومحمولة على محور م مَ المار بمركزها بحيث تدور حوله فيمثل محور العالم وطرفاه م مَ مرتبطان فى دائرة من النحاس ل لَ مقسمة حافتها الى أقسام متساوية قدر كل منها درجة (بالابتداء من م) من ٠° الى ١٨٠° فى الجهتين . ونقتطا تقابل المحور بسطح الكرة ن 6 نَ تمر بهما الدائرة الساعية المارة بنقطة مبدأ المطالع المستقيمة ا وهى مقسمة أيضاً من ن من ٠° الى ١٨٠° فى الجهتين .

و ى ا ىَ دائراة المعدل وهي مقسمة من ا من ٠° الى ٣٦٠° . ودائرة النحاس ل لَ مع الكرة المرتبطة بهما محمولة على الدائرة الافقية ب ح المحمولة على الأربع أقواس المثبة فى الرجل ى . . وكيفية تعيين وضع النجوم عليها أن يؤخذ على دائرة المعدل بالابتداء من مبدأ المطالع قوس ا هـ بقدر صعود النجمة وتحرك الكرة ك حول محورها الى أن تأتى هـ تحت دائرة النحاس ل لَ . ثم يعد على دائرة النحاس نفسها من ن القوس ن ى بقدر البعد القطبى للنجمة . فيكون موضع النجمة هو النقطة التى بازاء ى من الكرة ك

ملاحظة — اذا كان مقدار الميل المعين ايجابيا يؤخد مقدار الميل أعلى دائرة المعدل واذا كان سلبيا يؤخد أسفل دائرة المعدل

وبهذه الطريقة المضبوطة أمكن للفلكيين أن يعينوا مواضع جميع النجوم

السحابيات — المجرة

السحابيات — هى قطع مستنيرة فى السماء على هيئة سحاب أو ضباب . فمنها مايسمى (عنقوداً أو قنوا أومجموعة كوكبية) وهوالمركب من نجوم متفاوتة جداً تتميز عن بعضها بالنظر المجرد الحاد أو النظارات القوية كالثريا المركبة من ٨٠ نجمة يرى منها بالعين العارية ٦ نجمات وقد بلغت نجوم بعض القنوان ٥٠٠٠ نجمة

ومنها مايسمى (سديما) وهو المركب من غازات حارة الى درجة الانارة بحيث لايمكن حله الى نجوم مفردة كسديم الأسد والمرأة المسلسلة .

ومن السدام ما يسمى (بالسيار) — وهو الذى يرى كقرص جميع سطحه مستضيء بالتساوى وقد يشاهد فى مركزه نجمة تسمى (النجمة السدامية) وقد ترى القنوان على هيئة سدام لعظم بعدها أو لضعف النظر

المجرة — هى سحابة جسيمة على هيئة منطقة غير منتظمة العرض تقسم السماء الى نصفين متساويين تقريبا من الشمال الشرقى مارة ببرشاوش وذات الكرسى الى الجنوب الغربى . ولكثرة نجوم المجرة سميت (منطقة النجوم) وعندالعوام (طريق التبانه) وقد ذكر بعضهم

على الكرة السماوية . وأن يثبتوا أحصايات للنجوم مرتبة على حسب كبر مطالعها المستقيمة . وأمام كل نجمة ميلها ومطلعها . واستعملواهذه الاحصايات لوضع النجوم بأوضاعها النسبية على الكرات السماوية الصناعية

أن نجومها ١٨ مليون نجمة بعضها شموس كشمسنا وبعضها ضعيف الاستنارة وبانضمام الكل ينشأ هذا الضوء اللبنى المرئي فى الليالى الصافية الجو الخالية من القمر . هذا . ويشاهدان المجموعة الشمسية تكوّن جزءا من المجرة

الفصل الثانى

فى الكواكب السيارة

المجموعة الشمسية — السيارات العليا والسفلى

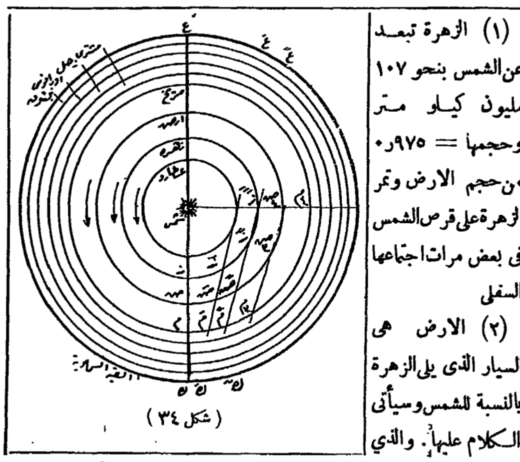
المجموعة الشمسية — كان المعروف قديما أن المجموعة الشمسية سبع سيارات . وهى الشمس والقمر وعطارد والزهرة والمريخ والمشترى وزحل . وان الارض ثابتة فى مركز العالم . وان أفلاك هذه السيارات دائرة حولها على هذا الترتيب . فلك القمر ثم عطارد ثم الزهرة ثم الشمس ثم المريخ ثم المشترى ثم زحل

وقد ثبت حديثا أن الشمس هى بورة المجموعة الفلكية . وليس لها مدار الافى الظاهر . وأن السيارات ترسم مداراتها حول الشمس على الترتيب الآتى . عطارد (١)

---

(١) ففى (شكل ٣٤) ترى عطارد أقرب السيارات الى الشمس وهو يتم دورته فى فلكه حولها فى ٨٨ يوما وسطيا تقريبا ومتوسط بعده عنها = ٧٥ مليون كيلو مترا أعنى (٣٨٧ ر٠ من بعد الارض عنها) . وكثيرا ما يمر أمام قرص الشمس فى الاجتماع السفلى . فينسقط عليه على شكل بقعة صغيرة مستديرة . ولذا انتخبت هذه اللحظة لقياس قطره الظاهرى وللتأكد من شكله . واستخرجت من هذه الاقيسة ابعاده الحقيقية وحجمه = ٠٫٠٥٢ من حجم الارض

الزهرة [١] — الارض — المريخ [٢] — المشترى [٣] — زحل [٤] وأن القمر وحده هو الذى يدور حول الارض . وأن الارض كوكب سيار وينسب اليهما كل من الحركتين اليومية والسنوية . لا الى الشمس ولا الى النجوم ولا الى الكرة



(شكل ٣٤)

(١) الزهرة تبعد عن الشمس بنحو ١٠٧ مليون كيلو متر وحجمها = ٠ر٩٧٥ من حجم الارض وتمر الزهرة على قرص الشمس فى بعض مرات اجتماعها السفلى

(٢) الارض هى السيار الذى يلى الزهرة بالنسبة للشمس وسيأتى الكلام عليها . والذي يلى الارض هو المريخ ومتوسط بعده عن الشمس ٢٢٥ مليون كيلو متر تقريبا وهو = بعد الارض عنها مرة ونصف مرة . وحجمه = ٠ر١٤٧ من حجمها . ومدة دورته السنوية = ٦٦٩ يوما نجميا

(٣) هو أكبر السيارات حجما وهو = حجم الارض ١٣٠٠ مرة وبعده المتوسط عن الشمس = ٧٧٠ مليون كيلو متر ومدة دورته السنوية تساوى ١٢ سنة أرضية

(٤) اختص زحل من بين السيارات بالحلقات ذات المركز الواحد المنفصلة عن كرته وتدور حوله فى مستوى خط استوائه . وبعده المتوسط عن الشمس = بعد الارض تسع مرات ونصف مرة . وحجمه = حجمها ٧١٨ مرة . ومدة دورته حول الشمس ٢٩ ½ سنة تقريبا

السماوية التى يظهر أن النجوم مرصعة عليها كما كان زعم المتقدمين على الخلف بينهم . وكل هذه السيارات تتم دورتها حول الشمس فى أزمان لا متساوية ولا متغيرة . وبالجملة فان المجموعة الشمسية ثبت أن عدد كواكبها ٢٠٩ ويمكن ترتيبها على الوجه الآتى

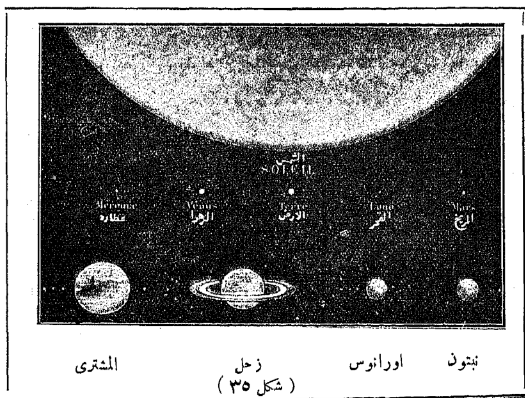
(١) الشمس وهى الجسم المركزى المضىء بنفسه الينبوع للحرارة

(٩) تسع سيارات أصلية السبعة المتقدمة ثم أورانوس [١] المكتشف سنة ١٧٨١ ثم نبتون [٢] المكتشف سنة ١٨٤٦

---

(١) كان أحد الفلكيين يبحث بالنظارة صورة الجوزاء بين الساعة ١٠ و ١١ ليلا فاكتشف هذا السيار وهو فى ضوء نجمة من القدر السادس ويرى بالعين المجردة ومدة دورته حول الشمس ٨٤ سنة تقريبا وبعده المتوسط عنها ٧٠٨ مليون فرسخ وحجمه = حجم الارض ٦٩ مرة و (شكل ٣٥) يوضح نسبة حجوم السيارات الى الشمس مع اعتبار ان هذا الشكل يبين جزءاً من قرص الشمس

(٢) هذا السيار لا يمكن رؤيته الا بالنظارات فتظهره



(شكل ٣٥)

(١٩٠) مائة وتسعون سيارا . مختلفة الابعاد عن الشمس ومكونة لحلقة بين المريخ والمشترى . اكتشفت فى القرن التاسع عشر . وتسمى سيارات تلسكوبيه
وثبت أن لكل من المشترى وأورانوس أربعة أقمار وللمريخ قمرين وقمرا لنبتون
(٩) تسع سيارات من ذوات الذنب الدورية (١) وهذه الكواكب السيارة
٢٠٩

كنجمة من القدر الثامن وبعده المتوسط عن الشمس = مليون فرسخ تقريبا ومدة دورته حول الشمس ١٢٥ سنة

(١) ذات الذنب تظهر كنجمة يحاط قلبها المستضىء بسحابة مستنيرة كثيراً او قليلا . وسماها قدماء الفلكيين بالشعور . وكثيراً ما يتصل بذلك ذنب مستضىء يختلف طوله من نجمة الى أخرى أو فى النجمة الواحدة فى أوقات مختلفة . وقد شوهدت نجوم ذات ذنبين فأكثر . وقد تكون خالية من الذنب أو عن القلب اللامع . وحركتها قد تكون من الغرب الى الشرق وبالعكس

وذوات الاذناب لاترى الا فى جزء صغير جداً من مدارها حينما تصير فى أقرب بعد لها عن الشمس وعن الارض . وذلك لأن مداراتها حول الشمس اما قطاعات ناقصة طويلة جداً أو منحنيات غير محدودة . ولذلك يقال ان من ذوات الاذناب ما لا يرجع ثانيا . ومنها ماشوهد رجوعه وأمكن معرفة مدة مداره . وتسمى هذه بالسيارات الدورية والمعروف منها الى زمن غير بعيد ٩ ‎•‎
وأما جملة ذوات الاذناب فتعد بمئات الألوف . على أن المجموعة الشمسية برمتها لم تشغل الا جزءاً يسيراً من الكون المملوء بمجموعات تفوق العقل عدداً وحجما

تنبيه — الشهب — الكرات النارية — الحجارة الجوية — النورالبورجى
قال بعض الفلكيين أن السحابيات أو (السدام عند العرب) مؤلفة من مادة لم يتم تكاثفها حتى يتكون منها جسم سماوى حقيقى . بل جواهرها

كلها تنتقل حول الشمس بحركة طردية (معتدلة) أى من الغرب الى الشرق

السيارات العليا والسفلى — السيارات العليا هى التى بعدها عن الشمس أكثر من بعد الارض عنها وهى المريخ والمشترى وزحل وأورانوس ونبتون . والسفلى هى التى بعدهاعن الشمس أقل من بعد الارض عنها وهى عطارد والزهرة

لطيفة متفرقة ولها حركة فى الكون وفى حينها تدخل فى حدود جاذبية الشمس فتفقد هيئتها الكرية وتستطيل لتأثير الجذب على مقدمها أكثر من مؤخرها فيتكاثف المقدم أكثر ويستنير كلما قرب من الشمس فيصير نواة والمؤخر ذنبا فتكون نجمة ذات ذنب . والنواة ربما أتمت دورتها حول الشمس قبل الذنب فيتطاول أكثر الى أن يصير حلقة تامة تدور حول الشمس . وقد تقترب فى حركتها من الارض فتجذب الارض منها قطعا صغيرة تحدث ظواهر الشهب والكرات النارية والحجارة الجوية . لأنها حينئذ تظهر على هيئة أجسام صغيرة مضيئة فاذا اختفت بسرعة سميت (شهبا) واذا أبطأت فى الحركة وتمزقت بالقرب من الارض غالبا وأحدثت فرقعة . وأنتجت أحيانا اهتزازات قوية سميت (الكرات النارية) فاذا سقط بعض أجزائها على الارض سميت هذه الاجزاء (حجارة جوية) وقد عرف أنه يدخل فى تركيبها الحديد والسليس والنيكل وغيرها . ولون الشهب والكرات النارية يتغير وقد وجد فى حادثة شهابية ثلثا الشهاب أبيض والثلث الآخر بين أصفر وأصفر محمر وأخضر وقد عين ارتفاع عدد عظيم من الشهب فاختلف من ٨ كيلو مترات الى ٦٠ و ١٠٠ و ٢٠٠ ولا تظهر الشهب بعدد واحد فى جميع الليالى بل تزداد فى ١١ اغسطس و ١٣ نوفمبر وأقل منها فى ٢٠ ابريل و ٢٧ نوفمبر و ١٨ و ٢٠ اكتوبر و ٦ و ٩ و ١٣ ديسمبر

الفصل الثالث

الحركة الدورانية للسيارات — المدار الظاهرى لها — الدورة الاقترانية
الاجتماع العلوى والسفلى — الدورة النجمية

الحركة الدورانية للسيارات — هى دورانها حول نفسها من الغرب الى الشرق كما ثبت بمشاهدة كلفها فى عطارد والزهرة والمريخ والمشترى وزحل وأورانوس . وأما باقى السيارات فقد تعذر اكتشاف هذه الحركة لها لصغر حجمها

المدار الظاهرى للسيارات — الحركة الطردية — الوقوف والتقهقر — اذا علم ميل الكوكب ومطلعه المستقيم كل يوم وقت مروره بمستوى الزوال ووضع ذلك على كرة صناعية سماوية . ثم وصلت هذه النقط كان ذلك خطا يمثل مدار السيار . وهو منحن مركب من تعاريج يمتاز بها عن الدائرة الكسوفية (وهذه حقيقة المدار) ولكن للسيار فيه ظواهر عجيبة . فانك بعد أن تراه يتحرك مدة مّا فى جهة حركة الشمس الظاهرية أعنى فى الجهة الطردية . ترى حركته تأخذ فى البطء شيئاً فشيئاً ثم يقف

وبعد ذلك تتزايد حركته فى جهة عكسية أى تصير حركة تقهقرية وتستمر الى أن يقف بالثانى . ثم يبتدىء ثانيا فى حركته الطردية . وبذلك يكون قد رسم على القبة السماوية أحد التعاريج المشار اليها [1]

---

(١) ولبيانه نفرض فى (شكل ٣٤) أن ز ز ز ز المدار الذي ترسمه الزهرة حول الشمس فى ٢٢٥ يوما تقريبا . ففى الاجتماع السفلى تكون فى ز بين الشمس والارض على خط مستقيم مار بهما تقريبا لقطع النظر عن ميل هذا المدار على الدائرة الكسوفية

وبعد هذا الاجتماع ترى أن الارض والزهرة يتحركان فى مدارهما طرديا

الدورة الاقترانية — هى دورة السيار فى كامل هذا المدار الظاهرى فتشمل الحركة الطردية والوقوف والتقهقر . وبعبارة أخرى هى الحركة فى المدة التى تمضى بين رجوعين متواليين لوضع واحد تكون فيه الشمس والارض والسيار على استقامة واحدة كرجوع السيار السفلى الى أحد الاجتماعين وكرجوع السيار العلوى الى اجتماع أو استقبال . وهذه الحركة للسيارات السفلية تخالفها للسيارات العلوية

فالسيار السفلى فى هذه الحركة يتحد طوله مع طول الشمس مرتين يقال له فيهما انه فى الاجتماع العلوى أو السفلى كما تقدم ويصير غير منظور لاختفائه فى الاشعة الشمسية وليس له استقبال فالنهاية العظمى لتباعد عطارد عن الشمس شرقا أو غربا ٢٣° وللزهرة ٤٨° . وأما السيار العلوى فله اجتماع واحد بمعنى أنه يتحد طوله مع الشمس فى مدة دورته مرة واحدة . وله استقبال يكون بعده فيه عنها ١٨٠° (١)

فى جهة واحدة الا أن الارض تتحرك بسرعة زاوية أقل من سرعة الزهرة فيظهر للراصد على سطح الارض أن الزهرة تتباعد عن الشمس الى أن يصير موقعها على السماء عَ بعد أن كان ع ثم تتناقص سرعتها وتميل شيئاً فشيئاً الى زً التى يصير فيها الشعاع البصرى ص زً مماسا للمدار ومنسقطا على السماء فى عً ويظهر انعدام سرعتها حينئذ وهذا هو الوقوف

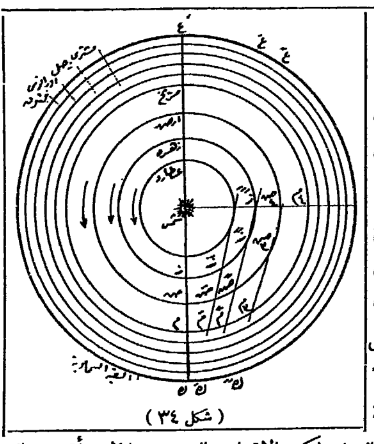
ثم تبتدى فى القوس الذى تظهر انها تقرب فيه من الشمس شيئاً فشيئاً وترجع من عً الى عَ الى ع وهذا هو التقهقر الى أن تتوسط الشمس بينها وبين الارض على خط مستقيم ثانيا وهذا هو الاجتماع العلوى . وهكذا كلما قطعت الزهرة قوسا من السماء يرى انها وقفت ثم رجعت فيه بالثانى وان كانت حركتها طردية فى مدارها أى من الغرب الى الشرق دائما . وهكذا عطارد

(١) والتمثل للسيارات العليا بالمريخ . فاذا فرض ان الارض (فى شكل ٣٤) ض بين الشمس والمريخ م على المستقيم الواصل بينهما والمريخ منظور من الارض

الدورة النجمية — هى مدة دوران نصف القطر البورى (الذى هو

ومنسقط فى نقطة ك من القبة السماوية . والشمس في ع على بعد ١٨٠° منه أى المريخ في الاستقبال

فالارض والمريخ فى مدة الايام التى تلى هذا الاستقبال يرسمان على مداريهما أقواساهى ص صَ ، صَ صً ، م مَ و مَ مً .. فى جهة



(شكل ٣٤)

واحدة من اليمين الى اليسار لكن الاقواس التى يرسمها المريخ أقصر من التى ترسمها الارض بحيث أن الشعاع البصرى م صَ المار بالسيارين (المريخ والارض) يقابل القبة السماوية فى كَ على يمين الوضع الأصلى ك ويظهر السيار كانه يتقهقر في السماء مع أن سيره الحقيقى على مداره طردى

وباستمرار حركتى السيارين في فلكيهما تتناقص سرعة الحركة الظاهرية التقهقيرية حتى تنعدم ويصير الشعاع البصرى ص م متقابلا بالسماء فى نقطة واحدة هى كً مدة ٣٣ أيام . ويظهر المريخ كأنه واقف . ثم تتباعد الاشعة البصرية الواصلة بينهما بالثانى ولكن فى جهة عكسية بحيث أن موضع المريخ بالنسبة للنجوم يتغير شيئاً فشيئاً بسرعة وتصير الحركة طردية وتتزايد سرعتها الى الاجتماع . وهكذا ومدد الدورة الاقترانية والطردية والتقهقرية للسيارات تختلف كما فى هذا الجدول

أسماء	حركة طردية يوم	حركة تقهقرية يوم	دورة اقترانه يوم
زهرة	٥٤٢	٤٢	٥٨٤
عطارد	٠٩٥	٢٥	١١٦
مريخ	٧٨٠	٧٠٧	٠٧٣
مشترى	٣٩٩	٢٨٧	١٢١
زحل	٣٧٨	٢٣٩	١٣٩
اورانوس	٣٦٩	٢١٧	١٥٢
نبتون	٣٦٧	٠٠٠	٠٠٠

المستقيم المار من مركز الشمس والسيار الى القبة السماوية) من نقطة معينة بنجمة مثلا الى هذه النقطة وبذلك يكون قد أتم مداره حول الشمس

فاذا كان السيار سفليا أتم دورته النجمية فى مداره حول الشمس فى حين أن الارض لم تقطع من مدارها الا زاوية مَّا فيحتاج السيار الى زمن آخر يقطع به هذه الزاوية ليحصل الاجتماع ثانيا وتتم الدورة الاقترانية له[1] . والعلوى بالعكس

---

(١) فمثلا فى (شكل ٣٤) اذا كانت الزهرة فى ز والأرض فى ض وابتدأتا حركتهما معا رجعت الزهرة الى ز فى حين أن الأرض لم تقطع الا زاوية مًّا تقرب من زاوية ض ض فتحتاج الزهرة الى أن تقطع هذه الزاوية ليحصل الاجتماع ثانيا وتتم دورتها الاقترانية

وهذا الجدول يوضح مدد الدورات النجمية للسيارات الأصلية بأيام وسطية أرضية . ويوضح الابعاد المتوسطة لها عن الشمس بدلالة البعد المتوسط للارض عنها المأخوذ وحدة

اسماء السيارات	مدد السيارات النجمية مبينة بأيام وسيطة	البعد المتوسط للسيارات عن الشمس مبينا بالبعد المتوسط للارض عن الشمس
عطارد	٩٦٩ و٨٧	٣٨٧ و٠
الزهرة	٧٠١ و ٢٢٤	٧٢٣ و٠
الارض	٢٥٦ و ٣٦٥	٠٠٠ و١
المريخ	٩٨٠ و ٦٨٦	٥٢٤ و١
المشتري	٥٨٥ و ٤٣٣٢	٢٠٣ و ٥
زحل	٢٢٠ و ١٠٧٥٩	٥٣٩ و٩
اورانوس	٨٢١ و٣٠٦٨٦	١٨٣ و١٩
نبتون	٧٢٠ و ٦٠١٢٦	٠٥٥ و ٣٠

بقى تتمة للتنبيه صحيفة ٥٣ أغفلنا ذكرها وهي أن النور البرجى هو هيئة مخروط مستضيء يرى بعد غروب الشمس عقب الشفق أو صباحا قبل شروقها

الباب الثالث

فى الأرض وما يتعلق بها

الفصل الأول

كروية الأرض وانعزالها فى الفراغ — خطوط الطول والعرض الجغرافية
كيفية تعيين العروض

كروية الأرض وانعزالها فى الفراغ — كان المتقدمون من الفلاسفة فى ارتياب من كرية الأرض وانفصالها فى الفراغ . وتحركها حول نفسها مدة الحركة اليومية . وحول الشمس مدة الحركة السنوية حتى اختلفت مزاعم قوم الى أنها قرص سابح فى الماء أو محمول على قرن ثور . ولكن الأدلة الكثيرة لعلم الفلك الجديد لم تبق لذلك الارتياب مجالا . ومما يزيل الشك فى كرية الأرض وانفصالها فى الفراغ ما يأتى

ظهور الأفق على شكل دائرة فى جميع البقاع والأقطار [1] — اتساع هذه الدائرة كلما ارتفع الراصد عن سطح الارض — تغيير كل من السمت ، منظر السماء ، ارتفاع القطب . بسبب تغير الأفق [2] — ظهور أعالى الاشياء قبل أسافلها عند قدومها أو القدوم اليها [3] — تحدب سطح الماء فى البحار

وعلى الخصوص يرى هذا الضوء مساء نحو وقت الاعتدال الربيعى وصباحا نحو وقت الاعتدال الخريفى ويشترط لظهوره أن يكون لون السماء رائقا وضوء القمر غير موجود

(١) ارجع الى صحيفة ١٠ و (شكل ٤) (٢) تقدم شرحه فى صحيفة ١٢ و(شكل ٥) (٣) فلو رصدت سفينة فى البحر ترى منها أولا عند اقترابها منك أعلى أجزائها (الصارى) وكذلك الراكب فى السفينة عند اقترابها من

والبحيرات [1] — تمكّن الملاحين و (الطيارين) من الطواف حول الارض فى اتجاه واحد [2] — شروق وغروب الكواكب المنتشرة فى الفضاء المختلفة الأبعاد . على التعاقب فوق أفق بعد أفق كما سبق بيانه فى الحركة اليومية

الشاطىء أول ما يرى قمم الجبال وأعالى المنارات والمنازل . وذلك لأن انحناء سطح الماء يحول بين العين وبينها (١) قام أحد المهندسين بتجربة لذلك حاصلها انه ثبت ثلاثة قضبان على استقامة واحدة فى بركة هادئة وجعل البعد بين كل قضيب ثلاثة أميال والاجزاء الظاهرة من القضبان متساوية (٤ أمتار تقريبا) فرأى بالمنظار أن القضيب الأوسط أعلى من الآخرين بستة أقدام تقريبا . وهذا يدل على انحناء سطح الأرض (٢) أول من بدأ هذا الطواف (مجلان) الملاح الأسبانى حيث ابتدأت سفنه من اسبانيا نحو الغرب سنة ١٥١٩ وانتهت اليها سنة ١٥٢٢ وقد يعترض بما يأتى

أولا — كيف تبقى الأرض معلقة فى الهواء بدون حامل

ثانيا — كيف تبقى السكان والأشياء الشاغلة لسطح الارض (من حيوان ونبات وجماد وماء وهواء) ساكنة على جوانبها ومن أسفلها

ثالثاً — يلزم أن سكان النقطة المناظرة لنا تكون رؤسهم الى أسفل وأقدامهم الى أعلى مع أنه لم يسمع ذلك . ولكن من له دراية بعلمي الطبيعة والميكانيكا لايحتاج الى أدنى تنبيه لحل هذه المشكلات ومجمل القول فيها ما يأتى يجاب عن الأول بما ثبت فى علم الطبيعة من جاذبية الجسم الأكبر للأصغر . فكتلة جسم الشمس لكبرها جاذبة . لجسم الأرض . وبأضافة ذلك لما ثبت فى علم الميكانيكا من الحركة الطردية للأرض نشأ انتظام الارض فى مدارها حول الشمس فلا تسقط عليها اتباعا للجذب ولا تميد فى الفضاء اتباعا للسرعة الابتدائية

ويجاب عن الثانى بقانون الجذب الطبيعى أيضاً فان جسم الارض جاذب لما على سطحها بل جميع أجزائها منجذبة نحو مركزها وهذا يمنع سقوط أجزائها وما على سطحها نحو الفراغ . فكل جسم له ثقل أكثر من ثقل الهواء دائما

قطبا الارض — هما نقطتا تقابل محورها بسطحها شمالا ويسمى (القطب الشمالى) وجنوبا ويسمى (القطب الجنوبى) . وقد تقدم أن محورها قطعة من محور العالم [1]

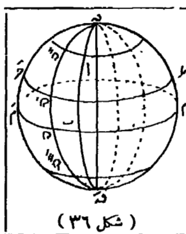
خطوط العرض الجغرافية — هى دوائر فى سطح الارض متوازية وعمودية على محورها . واحدى هذه الدوائر المتحد مركزها مع مركز الأرض تسمى (خط الاستواء) وهو أعظمها اتساعا . بعد كل منها عن خط الاستواء يسمى (عرضا أو عرض البلد) وتحسب العروض من ٠° الى ٩٠° وتسبق بعلامة — اذا كانت جنوب خط الاستواء[2]

يهبط نحو مركز الأرض فى اتجاه رأسى المحل اذا ترك ونفسه . وأما مايرى من ارتفاع بعض الأجسام كالدخان والبخار ونحوهما فلخفتها عن طبقات الجو

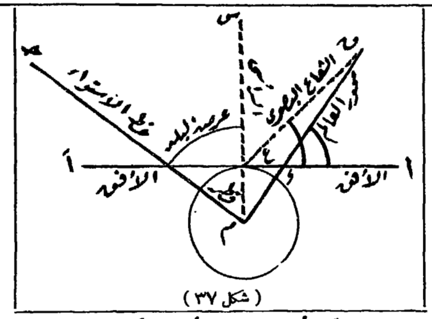
ويجاب عن الثالث . بأن الأعلى والأسفل أمران اصطلاحيان ينسبان فى كل أفق الى اتجاه الخط الرأسى لهذا الأفق فلا أعلى ولا أسفل بالنسبة الى كتلة الكرة الأرضية . ولذلك يمكن أن يعتبر كل واحد منا محله الذى هو فيه قمة الكرة الأرضية وأعلاها . وقد علمت أن رأسى كل مكان يخالف الآخر ويتغير بانتقال الراصد على سطح الارض بدون شعوره . فالأعلى والأسفل فى النظير باعتبار رأسيه وعلى اعتدال قامة الشخص هناك وأن كانا على عكسهما عندنا

(١) ى (شكل ٣٦) ن ، نَ هما قطبا الارض ومحورها الخط الواصل بينهما

(٢) الدوائر العمودية على المحور نحو دائرة حـ حـَ ، م مَ هى خطوط العرض ، م مَ هو خط الاستواء فهو الدائرة العظيمة التى تقسم الأرض الى نصفين شمالى وجنوبى وما عداها يصغر كلما قرب من القطبين وتسمى هذه الدوائر. المتوازيات العرضيه


(شكل ٣٦)

تعيين العرض — تمهيد . عرض أى مكان = ارتفاع القطب عن أفقه ذلك لأن الزاوية المحصور ضلعاها بين عين الراصد وأفقه والقطب = الزاوية المحصور ضلعاها بين مركز الارض ومستوى خط الاستواء والرأسى لتعامد ضلعيهما بفرض أن الراصد فى مركز الارض. اذ لاتقدير لنصف قطر الارض بالنسبة الى بعد القطب . وحينئذ . يكفى لتعيين العرض اننا نعين ارتفاع القطب بطريقته المتقدمة[1]



(شكل ٣٧)

(١) ففى شكل ٣٧ تجد أن الزاوية التى رأسها المركز م وضلعاها خط الرأسى م س ، خط الاستواء م ح (وهى التى يكون قوسها هو العرض) والزاوية التى رأسها ى وضلعاها ا ى من الافق ، ى ن من المحور متساويتان. لتعامد ضلعيهما إذ أن ى ن عمودى على م ح ، ا ى عمودى على م س. ولا يقال أن ارتفاع القطب لا يقدر بالزاوية التى رأسها ى وضلعاها ى ا ، ى ن وانما بالزاوية التى رأسها عين الراصد وهى ع وضلعاها ع ن ، ع ا . لأنا نقول نعم وان كان ع ن هو الضلع الحقيقى لانه الشعاع البصرى للراصد ، ى ن هو العمودى ويظهر لنا الفرق بينهما وهو نصف قطر الارض لكن لما كان البعد شاسعا بين القطب والراصد انطبق كل من ع ن ، ى ن ولم يؤثر نصف القطر فى الارصاد ولا في التقويم

ويمكن معرفة العرض بواسطة الشمس فان (٩٠° — ارتفاع الشمس عن الافق) مضافا اليه ميل الشمس على حسب علامته = العرض

خطوط الطول — هى انصاف دوائر عمودية على خطوط العرض ومحصورة بين القطبين ويعتبر أحدها مبدأ (على حسب اصطلاح كل جهة) كالخط المار برصدخانة القاهرة فى مصر أو باريس فى فرنسا أو جرينوتش فى انجلترا فبُعد أى بلد (وضع على خط من خطوط الطول) عن المبدأ يسمى (طول هذا البلد) ويقدر بمقياس قوس من خط الاستواء محصور بين دائرة الطول المعتبرة مبدأ ودائرة الطول المارة بذلك البلد. وتعتبر الاطوال من ٠° الى ١٨٠° شرق أو غرب المبدأ (١)

وتعين الاطوال بواسطة ساعتين مضبوطتين — أحداها فى المبدأ والاخرى فى المحل المراد تعيين طوله ثم ينظر فيهما فى وقت واحد (يحدد بواسطة اشارات نارية أو تلغرافية أو حوادث سماوية(٢)) ثم يحول الفرق بينهما الى درج ودقائق قوسيه وهو طول هذا المحل ويمكن نقل الساعة المضبوطة من مكان المبدأ الى المكان المراد تعيينه ويحول الفرق بين وقتها ووقت ساعة مضبوطة فى هذا المحل الى درج ودقائق كما تقدم وذلك ما يفعله الملاحون والسواحون

---

(١) ففى (شكل ٣٦) المنحنى ن ط ط َ ط ط ط َ ن َ يمثل خطا من خطوط الطول وتسمى بالمستويات الجانبية (٢) مثل كسوف توابع المشترى

ثم أن خطوط الطول كلها متساوية وهى أنصاف محيطات دوائر. وتقع غرب أو شرق المبدأ. ووقت الزوال واحد في البلاد الواقعة على خط واحد منها. ومتقابلة عند القطبين. وجوها مختلف. بخلاف خطوط العرض فأنها دوائر تامة. وتصغر كلما قربت من القطبين. وتقع شمال أو جنوب خط الاستواء. وكلها متوازية. وجوها متحد

تنبيه — الخط الدولي لتغيير التاريخ. اذا أضيف الى ماتقدم أن المسافر نحو الشرق مثلا كلما سار ١٥° تقدم شروق الشمس فى حقه ساعة فلو استمر الى تمام دورته حول الأرض تراه يربح يوما لان (٣٦٠° ÷ ١٥° = ٢٤ ساعة)

الفصل الثانى

تبطيط الأرض عند القطبين — مقادير الكرة الارضية

تبطيط الارض عند القطبين — الأرض ليست تامة التكوير بل منتفخة عند خط الاستواء ومبططة عند القطبين. والاتساوت أبعاد أقطارها وتساوى وزن الشيء بميزان واحد فى جميع بقاعها وليس كذلك لماثبت بالتجارب الآتية

أولا — قيس خط الاستواء وخط من خطوط الطول فوجد أن طول الاول ٤٠٠٧٦٦٣٠ مترا وطول الثانى ٤٠٠٠٨٠٣٢ مترا. ومعلوم ان القطر = المحيط ÷ النسبة التقريبية . وبذلك تبين أن محيط وقطر الارض عند خط الاستواء أطول منهما عند القطبين وهذا دليل عدم تمام التكوير (١)

ثانيا — وزن شئ واحد بالميزان ذى النابض عند خط الاستواء وفى الجهات البعيدة عنه بالميزان نفسه فوجد أنه بالقرب من القطبين أثقل منه عند خط الاستواء وماذاك الا لتسلط جذب مركز الارض على الموزون عند القطبين أكثر منه عند

فيصير يومه الاثنين بعد ان كان الثلاثاء وبالعكس اذا سار من الشرق الى الغرب

ولذا اختاروا الخط المقابل لخط زوال جرينوتش المار معظمه من المحيط الهادى لتغيير التاريخ عنده فالذى يتخطاه الى الغرب يزيد تاريخه يوما والذى يتخطاه الى الشرق ينقص تاريخه يوماً وسموه الخط الدولى لتغيير التاريخ

(١) طريقة القياس — واضح أنه يصعب قياس محيط الارض كله أو خط طويل منه لعدم انتظام سطح الارض بما فيه من الوديان والجبال والانحدارات والبحار والبحيرات وغيرها . ولذلك يكتفى بتقدير قوس قدره درجة أو درجتان أو ثلاث. بالامتار . وبواسطة الحساب ينتج المحيط بأكمله

فأذا كان ل طول قوس عدد درجاته ۞ يكون طول المحيط ٣٦٠ × ل ÷ ۞ وطول القطر ٣٦٠ × ل ÷ ط ۞ وقد قيست أقواس مقدار كل منها درجة

خط الاستواء لقصر نصف القطر عند القطبين وهذا دليل التبطيط والانتفاخ أيضاً

واحدة فى عروض مختلفة بين (حرينوتش وجزيرة فرمنترا فى انكلترا) وفرق عرضيهما ١٢ ٢٧° فالأطوال المتوسطة لستة أقواس من الخط الجانبى المحصور بين هاتين النقطتين طول كل قوس منها درجة واحدة هى

أقواس	عروض متوسطة	طول قوس ١° بالمتر
من حرينوتش الى دنكرك	١٥ ٥١	١١١٢٨٥ر٣٥
من دنكرك الى بنتيون	٥٦ ٤٩	١١١٢٦٥ر٩٨
من بتتيون الى ايفو	٣١ ٤٧	١١١٢٣٠ر١٨
من ايفو الى كركسوه	٤٢ ٤٤	١١١٠٥٠ر٩٧
من كركسوه الى منتجوى	١٧ ٤٢	١١١٠١٨ر٠٣
من منتجوى الى فرمنترا	٠١ ٤٠	١١١٠٠٨ر١٣

ويؤخذ من ذلك أن طول الدرجة يزداد كلما ازداد العرض يعنى كلما بعدت الدرجة عن خط الاستواء وقربت من القطبين

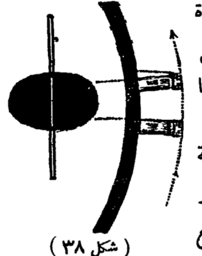
وقد يطلق التبطيط على خارج قسمة الفرق بين المحور الاكبر (القطر الاستوائي) وبين المحور الاصغر (القطر القطبى) على المحور الاكبر . فاذا كان المحور الاكبر ا والمحور الاصغر ب يكون التبطط ا ـ ب ÷ ا وقد تبين من الأقيسة انه ١ ÷ ٢٩٩ بمعنى أن القطر الاستوائى يزيد عن القطبى بقدر جزء واحد من ٢٩٩ جزءاً

وأول من اهتدى الى ايجاد طول محيط الارض هو (أرستو) اليونانى الذى كان يقطن مدينة الاسكندرية . وذلك انه شاهد فى ظهر يوم ٢١ يونيه أن أشعة الشمس عمودية على مدينة (سينى) التى كانت واقعة على مدار السرطان تقريبا وقريبة من المكان الذى أسست فيه اسوان الحالية . وشاهد أيضاً أن الشمس فى اليوم المذكور كانت مائلة عن سمت الاسكندرية بمقدار ٧½° . وقدر المسافة بين الاسكندرية وسينى بنحو ٥٢٠ ميلا وبالكيفية المتقدمة أمكنه معرفة طول المحيط والقطر . والقياس له طرق كثيرة أسهلها

فثبت أن المستويات الجانبية قطوع ناقصة[١] أصغر أقطارها قطرها القطبى وأكبرها قطرها الاستوائى . ويتحصل على شكل الارض بتدوير القطع الناقص حول محوره القطبى[٢]

توشيح عجله بعداد وأضبطها طريقة السلسلة المثلثية على ما فيها من الصعوبة

(١) قالوا ان سبب تبطيط الأرض وانتفاخها أن حركة الارض حول محورها نشأ عنها قوة مركزية طاردة تضاد قوة التثاقل . ولذلك مالت عناصر الأرض (حين سيولتها قديما) الى بعدها عن محور الدوران فتكون معظمها حول خط الاستواء لشدة الحركة عنده . واستمرار هذه الحركة (مع التبريد المتوالى للطبقة الظاهرة من الأرض حتى جمدت) حفظ لجسم الأرض ذلك التشكل الى الآن . وثبت ذلك بتجربة (بلاتو) الذى أتى بنقطة زيت ووضعها فى مخلوط (كثافته ككثافة الزيت) من الماء والكؤل فأخذت شكلا كريا ثم أدارها بواسطة صفيحة رقيقة معدنية مارة بمركز نقطة الزيت فشوهد أنها تشكلت بشكل منتفخ عند خط استوائها ومبطط عند قطبيها (طرفى الصفيحة) (شكل ٣٨)



(شكل ٣٨)

(٢) فيتعلق شكل الجسم الناقصى بالنسبة التى بين طول محوريه الاكبر والاصغر أو الكسر الذى يقاس به التبطيط . ويرسم هذا القطع الناقص طرق . منها . أن يخط مستقيم بقدر المحور الأكبر اا َ(المحور الاستوائى) (شكل ٣٩)

ويؤخذ على منتصفه عمود ططَ بقدر المحور الاصغر ثم يعلم على الاكبر بنقطة ب . بحيث تبعد عن ا بقدر البعد الحضيضى . ثم يمد المحور الاكبر من جهة ا الى

(شكل ٣٩)

مقادير الكرة الأرضية — بعد معرفة طول المحيط الجانبى والاستوائى بواسطة الاقيسة التى أجريت . سهل العلم بانصاف الاقطار والسطح والحجم . فنصف القطر القطبى == ٦٣٥٦٥٥٠ متراً والاستوائى == ٦٣٧٨٤٠٠ مترا ٬ المتوسط ٦٣٧١٠٠٠ متراً ٬ المحيط الجانبى ٤٠٠٠٨٠٣٢ مترا ٬ الاستوائى ٤٠٠٧٦٦٣٠ مترا ٬ السطح الكلى للأرض ٥٠٨٦٠٠٠٠٠ كيلو متر مربع وحجم الارض ٠٠٠ ٠٠٠ ٥٠٠ ١٠٧٩ كيلو متر مربع

الفصل الثالث

الجو — الشفق — الفجر

الجو — الضوء — تشرب الضوء — انخفاض القبة السماوية — الانكسار الفلكى — فالجو هو طبقة جسيمة من الهواء[1] تحيط بالارض على سمك ٦٤ كيلومتر

و بحيث ان نسبة ب ا : ا و == ا (الاختلاف المركزى للأرض) ثم نقيم على المستقيم عند و العمود ﺀ ﺀَ يسمى الدليل وهكذا فى الجهة الاخرى نأخذ بَ تبعد عن اَ بقدر البعد الحضيضى و نمد المستقيم من جهة اَ بالنسبة المذكورة ونقيم الدليل ع عَ الخ فكل من ب ٬ بَ بورة للقطع نركز فى كل منهما بفتحات متتابعات أكبر من البعد الحضيضى وأصغر من الأوجى مثل ب هـ ٬ بَ لَ ٬ ب ح ٬ بَ ى ٬ ب ط ٬ ب طَ ونرسم أقواسا فوق وتحت المحور ثم نعين على كل قوس نقطة بحيث تكون نسبة فتحة الفرجال الى بعد هذه النقطة عن الدليل كنسبة ب ا الى ا و . بحيث لو مددنا بين كل نقطتين فوق وتحت المحور مستقيما كان موازيا للدليل نحو المستقيمات هـ هـَ ٬ ح حَ ٬ ط طَ ٬ ى ىَ ٬ ل لَ ومنها . أن يركز بدبوسين مثلا فى بورتى القطع ثم يحلق بخيط مرتبط الطرفين على الدبوسين ويوضع القلم فيه ويدار حول الدبوسين تبعا لامتداد الخيط فيرسم مستويا جانبيا ناقصا .

(١) يتركب الهواء من غازات ضرورية لوجودنا أهمها الاكسيجين (كلمة لاتينية معناها غاز الحياة) والأزوت (لاتينية أيضا معناها ملطف الهواء) بنسبة ٢٠ر٨ من الاول الى ٧٩ر٢ من الثانى

على الاكثر [١] وليس الهواء منتشراً الى نهاية الفضاء (لان الارض جاذبة لجميع جواهره) ولذلك يتبعها فى جميع حركاتها

وللهواء ثقل وكثافة وقوة انتشار كبقية الغازات الا أن هذه القوى فى الطبقات السفلى أكثر منها فى العليا لضغط العليا على السفلى الحاملة لها[٢] وهو موصل غير جيد للحرارة [٣] وأيضاً فانه جوهر اضاءة بمعنى أن جزيئات الهواء (الذرات المعلقة فيه) هى التى تعكس الاشعة الضوئية الواقعة عليها مباشرة فى جميع الجهات وكذلك الاشعة المنعكسة بعضها على بعض . وينتج من تلك الانعكاسات المتتابعة اضاءة المحال التى لا تقع عليها أشعة الشمس مباشرة ويسمى

---

(١) هذا مأخوذ من الارصاد التى أجراها الفلكى الشهير (لكاى) برأس عشم الخير بخصوص الشفق ومن حساب الفلكي يوت المؤسس على أرصاد غيلوساك وان اختلفت بين ٥٩و٦٤٨ كيلو متر الا انه يمكن بدون خطأ كبير أن نعتبره $\frac{1}{100}$ من نصف قطر الارض وهو ٦٤ كيلو متر تقريباً . وبعد هذه النهاية لا يوجد شيء من الهواء بل المسافات الفلكية تكون عارية عن وجود أى مادة مهما كانت درجة لطافتها وشفافتها والا استنارت بوقوع الشمس عليها . ويظهر لنا النور حول الارض بعد انتهاء الشفق. وظلمة الليل لا تكون تامة كالعادة وان كان الجو لا يخلو من نور ضعيف ناشيء بعضه من النجوم وبعضه من الضوء المنتشر . وأيضاً لو وجدت مادة بعد الهواء لما شاهدنا أن جميع الكواكب السيارة تقطع مداراتها فى المسافات الفلكية بدون أن يعرض لحركاتها أدنى مقاومة. وأقول ان هذا لا يدل على القطع بعدم المادة خصوصاً بعد أن علمنا أن الاستنارة لا بد لها من الذرات التى تعكس الاضواء ومتى خلصت المادة منها لا يلزم اضاءتها وحينئذ يقبل قول أفلاطون انها الاثير وهى مادة أرق وأصفى وأنقى من الهواء

(٢) فطبقات الهواء كلما قربت من نهاية الجو فى الأعلى تخلخلت وامتدت جواهرها وقلت كثافتها وثقلها فتضعف قوة انتشارها . والا لانتشر الهواء فى الفضاء جبرا عن قوة جذب الأرض له .

(٣) ثبت أن حرارة الجو تنقص ١° درجة فى كل ٢٠٠ متراً من الارتفاع تقريباً لغاية ٧٠٠٠ متر ويظن أن الطبقات الاخيرة لا تنخفض حرارتها عن — ٦٠°

هذا (بالضوء المنتشر) [1] . والجو يتشرب الضوء ويُضعفه بنسبة تشبع طبقاته الكثيفة ببخار الماء.ولشدة التعتم فى الافق عن السمت يرى الكوكب فى السمت أقرب وأزهى منه فى الافق ومن ثمت نشأت ظاهرة انخفاض القبة السماوية من الاعلى [2] هذا ويُحدث تعتم الجو ببخار الماء انكساراً فى الاشعة الضوئية المنبعثة من الكواكب فيرى الكوكب فوق الافق قبل ظهوره حقيقة . ذلك لأن الضوء يمر من طبقات للجو غير متجانسة الكثافة والامتلاء بالبخار بل تزداد فيه من

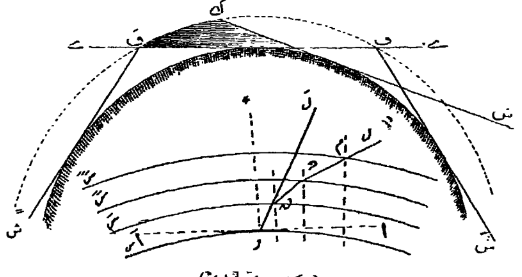
(١) فنى الواقع اذا كان الهواء شفافا بالكلية . (أى لم تتعلق فيه ذرات صغيرة) أولم يكن له وجود فان حوادث اضاءة النهار تكون مختلفة وينعدم الضوء الا فى اتجاه أشعة الشمس نفسها.وجميع الاشياء التى لايقع عليها ضوء الشمس مباشرة أوالضوء المنعكس من الاشياء الأرضية تبقى فى الظلمة.والسماء تظهر مظلمة .ولونها الازرق الذى هو ليس الا لون الجو لايكون له وجود وتشاهد النجوم والسيارات بمجرد النظر فى وقت الزوال. ولاتوجد ظاهرة الشفق.ويصير المرور من الليل الى النهار وبالعكس فجائياً

(٢) علمنا فيما تقدم ان سبب الضوء وجود الذرات المعلقة في طبقات الهواء الكثيفة ويلزم أن يكون الضوء فى الطبقات السفلى أشد منه فى العليا كما يظهر ذلك للمرتقى على جبل والمرتفع بطيارة . وهنا نقول أن فيه ظاهرة أخرى تستلزم العكس وهى تحمُّل طبقات الجو السفلى القريبة من سطح الارض لبخار الماء الذى خاصيته تشرب الضوء وتعتمه فينعكس الحال ويرى الضوء فى الافق أقل منه فى السمت حتى قال (بوجيه) أن ضوء الشمس فى السمت أشد منه فى الأفق بقدر ١٣٥٠ مره .ولذلك نرى الكواكب والسماء فى الافق أبعد منها فى السمت لا ن النير يرى دائماً أقرب من المعتم

وهو وان كانت الطبقة المتحملة لبخار الماء تتوسط بين الارض والكوكب بسمك متحد فى الأفق والسمت الا أن اشعة الكوكب فى افق الراصد تمر منها فى مسافة أكثر بسبب تقاطعها معها مائلة لاعمودية كما فى السمت فيصير السمك بسبب هذا الميل فى الأفق أكثر منه فى السمت بقدر ١٥ مرة . ويتبين من ذلك أن منشأ ظاهرة انخفاض القبة السماوية وجود الجو حول الأرض بصفاته المذكورة وان لونها الأزرق انما هو لون الجو نفسه ويقوى هذا رؤيتها

أعلى الى أسفل فيزوغ وينكسر عند تغير وسطه فى كل منها (١)

الشفق — هو الضوء المنتشر فى الطبقة الهوائية على الافق بعد غروب الشمس. ويمكث هذا الضوء مدة شديد الاحمرار أو مصفرا (٢) ثم يصير بياضاً بعيدة عنا شديدة الزرقة تارة وأخرى قريبة رائقة تبعاً لصفاء الجو وكدورته وكثافة الهواء ورقته وكثرة البخار وقلته وضعف البصر وحدته



(شكل ٤٠ و ٤١)

(١) لنفرض فى (شكل ٤٠) ان السطوح الفاصلة بين طبقات الجو المختلفة هى س 6 س َ 6 س ً 6 س ٌ . . . فالشعاع الضوئى الآتى من الاتجاه ل م حين دخوله فى الطبقة الاولى س َس ً يقرب من العمود ويتبع الاتجاه م ه وفى ه يعتريه زوغان جديد ويتبع الاتجاه ن ه فى الطبقة س ًس َ ثم يزوغ فى ن ويتبع الاتجاه ن و بحيث أن الراصد و يرى الكوكب ل فى الاتجاه و لَ وهذا الجدول يبين مقادير الانكسار لجملة ارتفاعات

ارتفاع ظاهرى	الانكسار	
°	″	′
٠	٤٧ر٩	٣٣
٥	٥٤ر٩	٠٩
١٠	٢٠ر٠	٠٥
٢٠	٣٨ر٩	٠٢
٤٠	٠٩ر٤	٠١
٦٠	٣٣ر٧	٠٠
٨٠	١٠ر٣	٠٠
٩٠	٠٠٠٠	٠٠

(٢) سبب هذا الاحمرار وجود بخار الماء فى الطبقة الهوائية القريبة من سطح الارض فكلما قربت الشمس من الأفق وازدادت مسافة مرور الاشعة الشمسية فى تلك الطبقة تشرب البخار كثيراً من أضوائها وأحدث ذلك عتمة تكون سبباً فى احمرار قرص الشمس عند الغروب والشروق وينشأ عنه احمرار الانعكاسات الضوئية المنتشرة على الأفق بعد الغروب وقبل

صافيا بعد ذلك الى أن يختفى . وتسمى الظاهرة الاولى بالشفق الاحمر والثانية بالشفق الابيض[1]

الفجر[2] — هو الشفق الابيض المنتشر فى عرض الافق الشرقى قبل شروق الشمس وهو يبتدئ قليل اللمعان ثم يزداد وضوحاً ولا يلبث كثيراً حتى تشوبه الحمرة عكس حالة الغروب ويستمر ذلك الاحمرار الى شروق الشمس . فالشفق والفجر متشابهان شكلا متقاربان لونا[3] متقابلان وضعا متعاكسان بدءا ونهاية ويغيب كل منهما حينما تكون زاوية انحطاط الشمس عن الافق = ١٨°[4]

الشروق (ومما يقوى هذا زيادة تلك الحمرة وطول مكثها وامتدادها الى الافق الشرقى فى الايام الكثيرة البخار والسحب) . وكلما زاد انحطاط قرص الشمس عن الأفق تباعدت أشعتها عن الهواء القريب من سطح الأرض وزال هذا الاحمرار تدريجا بمعنى انه ينحط جهة الأفق الى أن يختفى ويبقى الضوء الصافى وهو الشفق الابيض

(١) لنفرض في (شكل ٤١) أن الشمس فى ش تحت الافق ى ف فَ فهى حينئذ وان غربت عن الراصد وصارت أشعتها الضوئية لا تصل اليه الا انها لم تغرب عن نقطة ك من الجو ولا زال الجزء المحصور بين ك ، ف من الجو يقابل الاشعة الشمسية فيرى الراصد هذا النور فى الغرب وهو المسمى بالشفق . وفي حين صفاء الجو يشاهد خط اتصال تدريجى بين الجو ف ك الواقع عليه أشعة الشمس والجو فَ ك الذى غربت الشمس عنه . وكلما زاد انحطاط قرص الشمس تحت الافق يقرب خط الشفق منه الى أن ينتهي وتتوارى نقطة ك وهى النقطة العليا من دائرة الشفق حيث تصير فِي ف من الافق وعند ذلك يبتدىء الليل

(٢) يطلق الشفق على ضوء المغرب والصبح الا انه كثر استعمال الشفق فى ضوء المغرب. والفجر فى ضوء الصبح

(٣) تكون الحمرة أشد فى الصبح لتشبع الجو برطوبة الليل وتميل الى الصفرة فى المغرب لقلة هذا من تأثير شمس النهار

(٤) يبتديء الفجر بالنور الابيض وينتهى بالاحمر ويبتدىء الشفق بالاحمر وينتهي بالأبيض

تنبيهان — الاول — مدة مكث الشفق تختلف تبعاً لعظم وصغر الميل في دوائر الشمس اليومية على مستوى الافق وهذا ينشأ عن أمرين — أولهما بعد موضع الراصد عن خط الاستواء . فكلما قرب من القطبين عظم الميل وطالت مدة الشفق وكلما قرب من خط الاستواء صغر الميل وقصرت مدة الشفق . وذلك لانه اذا عظم الميل كبر قوس دائرة الشمس اليومية المحصور بين الافق والدائرة الشفقية — ثانيهما — بعد الشمس عن دائرة المعدل . ففي البلاد التى عروضها شمالية يعظم الميل وتطول مدة الشفق كلما بعدت الشمس عن دائرة المعدل شمالا وتطول في البلاد التي عروضها جنوبية اذا بعدت الشمس عن دائرة المعدل جنوبا وقد تمكث مدة الشفق طول الليل فى العروض النائية عن خط الاستواء ولذلك كان الاختلاف قليلا فى خط الاستواء لان دوائر الميل التى ترسمها الشمس يومياً تكون عمودية دائماً على أفقه ولم يبق الا بعدها عن دائرة المعدل . فأقصر مدة الشفق لا تكون الا في خط الاستواء وقدرها ساعة و١٢ دقيقة . وأقصرها فى القاهرة للشفق الاحمر (حصة العشاء) ساعة و١٧ دقيقة نحو ٢٠ مارس وأطولها ساعة و٣٣ دقيقة فى المنقلب الصيفي نحو ٢١ يونيه وأقصرها فى باريس ساعة و٢٧ دقيقة حينما تميل الشمس جنوب المعدل بقدر ٧° وأطولها فى المنقلب الصيفى هناك ساعتين و٣٩ دقيقة

التنبيه الثاني — قصارى الكلام فى درجة الشفق ان المتقدمين قالوا يغيب الشفق غربا ويظهر شرقاً حينما تكون الشمس تحت الافق بقدر يح (١٨°) مقدرة على الدوائر الرأسية (هذا هو المأثور عن قدماء الهيئة) والمراد الشفق الابيض وعليه يكون دخول العشاء عند الامام الاعظم أبى حنيفة وأما دخولها عند بقية الائمة فتتقدم على هذا ضرورة تقدم غروب الشفق الاحمر على الابيض

وأما المتأخرون فقد اختلفت آراؤهم فقال أبو الحسن المراكشى فى كتابه (جامع المبادى والغايات ومن تابعه كابن سمعون والمزى وغيرهما يغيب الشفق (أى الاحمر) ويدخل وقت العشاء عند الامام الشافعي والامام مالك حينما تنحط الشمس من الافق الغربى بقدر (١٦°) ويبتدئ الفجر حينما تكون الشمس تحت الافق الشرق بقدر (٢٠°)

وقال الامام الفاضل علاء الدين الشهير بابن الشاطر ومن تبعه كالنصير الطوسى والمؤيد العرضى وابن ريحان البيرونى وابن الوفا البوزجانى وغيرهم من أئمة الرصد والهيئة ان وقت أكثر اللمعان (وقت الاسفار) يوجد عند ما تكون الشمس فى ١٨° ووقت أقل اللمعان (وقت الغلس) يكون عند ما تكون الشمس في ٢٠° . ثم قالوا الحق انه يختلف بالنسبة لعرض المحل وصفاء الهواء وكدورته وكثرة البخار وقلته ووجود القمر وغيبوبته وضعف البصر وحدته

والذى اعتمد عليه محققوا هذا العلم وعليه عامة المؤقتين الآن أن الشفق الاحمر يغيب فى ١٧° ويدخل وقت العشاء ويشرق الشفق الابيض فى ١٩° فيبتدئ وقت الفجر . ولما كان منشأ هذا الخلاف من المتقدمين اجراء عمليات أرصادهم على الاسطرلابات وغيرها لعدم وجود الآلات الدقيقة الاكتشاف كالآلات الحديثة الموجودة الآن بمرصد حلوان ناسب أن نطلب من حضرة مدير المرصد بحث هذه المسئلة وسيوافينا بالاجابة بعد اتمام الرصد الجارى الآن بهمته ونشاطه فنتقدم له الشكر الجزيل

تمت المذكرة الاولى

ويليها المذكرة الثانية وأولها الشمس وما يتعلق بها

